



TUGAS AKHIR - MO 141326

**STUDI EKSPERIMEN *RUNUP* GELOMBANG PADA *SEAWALL*
DENGAN UNIT LAPIS LINDUNG BPPT-LOCK**

AWANG SAMUDRA SERBA BAGUS

NRP. 4313100041

Dosen Pembimbing :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017



FINAL PROJECT- MO 141326

EXPERIMENTAL STUDY OF WAVE RUNUP ON A SEAWALL WITH BPPT-LOCK ARMOR UNIT

AWANG SAMUDRA SERBA BAGUS

NRP. 4313100041

Supervisors :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Sujantoko, S.T., M.T.

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMEN *RUNUP* GELOMBANG PADA *SEAWALL* DENGAN UNIT LAPIS LINDUNG BPPT-LOCK

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

AWANG SAMUDRA SERBA BAGUS

NRP. 4313100041

Disetujui Oleh :

1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D (Pembimbing 1)

2. Sujantoko, S.T., M.T. (Pembimbing 2)

3. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng (Penguji 1)

4. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc (Penguji 2)

5. Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D (Penguji 3)

Surabaya, Juli 2017

STUDI EKSPERIMEN *RUNUP* GELOMBANG PADA *SEAWALL* DENGAN UNIT LAPIS LINDUNG BPPT-LOCK

Nama Penulis : Awang Samudra Serba Bagus
NRP : 4313100041
Jurusan : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.
Sujantoko, S.T., M.T.

Abstrak

Seawall merupakan salah satu bentuk konstruksi pelindung pantai yang berfungsi mencegah limpasan gelombang ke darat. Gelombang yang menghantam suatu bangunan akan naik pada permukaan bangunan (*runup*). Sehingga *runup* gelombang sangat penting dalam perencanaan sebuah bangunan pantai. Dalam penelitian ini dilakukan analisa *runup* gelombang pada pemodelan fisik *seawall* dengan variasi tinggi gelombang, periode gelombang dan sudut kemiringan struktur pelindung. BPPT-lock digunakan sebagai unit lapis lindung dengan pertimbangan kekuatan struktur lebih unggul dibanding dengan unit lapis lindung yang sudah ada serta dapat dipasang dengan pengaturan sederhana. Dari eksperimen yang telah dilakukan, nilai *runup* dari ketiga variasi kemiringan menunjukkan bahwa semakin kecil kemiringan struktur (curam) maka semakin besar nilai *runup* gelombangnya dan semakin besar kemiringan struktur (landai) maka semakin kecil nilai *runup* gelombangnya. Nilai *runup* gelombang pada kemiringan 1:1,15 yaitu 0,209 m dan pada kemiringan 1:2 yaitu 0,172 m. Semakin besar tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) maka semakin besar pula *runup* gelombang yang terjadi. Nilai *runup* gelombang terkecil pada kemiringan 1:1,15 dengan $H_s=0,064$ m dan $T_p=1,55$ detik yaitu 0,1 meter. Sedangkan nilai *runup* gelombang terbesar pada $H_s=0,148$ m dan $T_p= 1,56$ detik yaitu 0,209 meter.

Kata kunci : *runup* gelombang, *seawall*, BPPT-Lock, pemodelan fisik

EXPERIMENTAL STUDY OF WAVE RUNUP ON A SEAWALL WITH BPPT-LOCK ARMOR UNIT

Name : Awang Samudra Serba Bagus
Reg. Number : 4313100041
Department : Ocean Engineering - FTK ITS
Supervisors : Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.
Sujantoko, S.T., M.T.

Abstract

Seawall is one form of coastal protection structure that prevents overtopping of waves to land. Waves that hit a building will rise on the surface of the building (runup). So the wave runup is very important in the planning of a coastal structure. In this research, wave run up analysis on physical seawall modeling with wave height variation, wave period and slope of coastal protection structure. BPPT-lock is used as a armored layer unit with the consideration of structural strength is superior to existing protective units and can be installed in simple settings. From the experiments that have been done, runup value of the three variations of the slope indicates that if the slope of the structure is smaller (steeper) then the wave runup value is greater and if the slope of the structure is greater(ramps) then the wave runup value is smaller. The value of wave runup at the slope of 1: 1.15 is 0.209 m and at the slope of 1: 2 is 0.172 m. If wave height (H) and wave period (T) are greater then the wave runup value is greater. The smallest wave runup value at the slope of 1: 1.15 with $H_s = 0.064$ m and $T_p = 1.55$ seconds is 0.1 meters. While the largest wave runup value at $H_s = 0.148$ m and $T_p = 1.56$ seconds is 0.209 meters.

Keywords: wave runup, seawall, BPPT-Lock, physical modeling

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Studi Eksperimen *Runup* Gelombang pada *Seawall* dengan Unit Lapis Lindung BPPT-Lock”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi khususnya dalam bidang rekayasa pantai.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini izinkan penulis menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Sujantoko, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut yang berkenan memberikan ijin penggunaan laboratoium.
6. Bapak Arif Mochtar, selaku teknisi Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut yang berkenan meluangkan waktunya dalam membantu proses pengujian.
7. Teman-teman seperjuangan, khususnya Ali, Vega, Rindy, Danny, Iyan, dan Rorry yang banyak membantu dalam pelaksanaan eksperimen dan penyusunan Tugas Akhir.
8. Keluarga Besar Angkatan 2013 Teknik Kelautan FTK-ITS (Valtameri) atas kebersamaan, kekeluargaan dan bersama-sama menjalani kehidupan perkuliahan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Dinding Pantai (Seawall)	5
2.2.2 Unit Lapis Lindung BPPT-Lock	5
2.2.3 Karakteristik Gelombang	6
2.2.4 Gelombang Irreguler	8
2.2.5 Spektra Gelombang	8
2.2.6 Runup Gelombang	10
2.2.7 Pemodelan Fisik	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Fishbone Diagram	17
3.2 Diagram Alir Penelitian	18

3.3 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	19
3.3.1 Studi Literatur	19
3.3.2 Persiapan Pengujian	19
3.3.3 Kalibrasi Peralatan Uji	26
3.3.4 Proses Pengujian	26
3.3.5 Pengukuran dan Pencatatan Data	28
 BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Analisa Data	29
4.1.1 Analisa Data Gelombang	29
4.1.2 Analisa Data Runup Gelombang.....	33
4.1.3 Nilai Iribarren.....	34
4.2 Pembahasan.....	36
4.2.1 Hubungan Runup Gelombang dengan Tinggi Gelombang dan Kemiringan Struktur.....	36
4.2.2 Hubungan Runup Relatif dengan Bilangan Iribarren.....	38
4.2.3 Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Runup Relatif	40
4.2.4 Perbandingan dengan Penelitian Lain	42
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
 DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Profil Gelombang	7
Gambar 2.2	Ilustrasi runup dan rundown gelombang	10
Gambar 2.3	Runup Gelombang.....	12
Gambar 3.1	Fishbone Diagram	17
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.3	Model Seawall Tampak Depan	19
Gambar 3.4	Model BPPT-Lock	20
Gambar 3.5	Model Tampak Depan	21
Gambar 3.6	Model Tampak Samping	21
Gambar 3.7	Konfigurasi Seawall dengan Kemiringan Armor 1:1,15.....	21
Gambar 3.8	Konfigurasi Seawall dengan Kemiringan Armor 1:1,5.....	22
Gambar 3.9	Konfigurasi Seawall dengan Kemiringan Armor 1:2.....	22
Gambar 3.10	Flume Tank	24
Gambar 3.11	Pembangkit Gelombang	24
Gambar 3.12	Wave Probe 1	25
Gambar 3.13	Wave Probe 2	25
Gambar 3.14	Skema Pengujian Variasi Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:1,15	27
Gambar 3.15	Skema Pengujian Variasi Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:1,5	27
Gambar 3.16	Skema Pengujian Variasi Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:2	27
Gambar 3.17	Skema Pengujian Variasi Kemiringan <i>Armor Seawall</i> 1:2 Tampak Atas	27
Gambar 4.1	Tampilan Excel Macro Refana	30
Gambar 4.2	Penempatan Hasil Nilai Output Refana pada Satu Folder	31
Gambar 4.3	Tampilan Software Anaware.....	32
Gambar 4.4	Hubungan antara Runup Gelombang dengan Variasi Tinggi Gelombang dan Kemiringan Struktur.....	37
Gambar 4.5	Perbandingan Runup Relatif dengan Bilangan Iribarren pada Kemiringan 1:1,15	38
Gambar 4.6	Perbandingan Runup Relatif dengan Bilangan Iribarren pada Kemiringan 1:1,5	38

Gambar 4.7 Perbandingan Runup Relatif dengan Bilangan Iribarren pada Kemiringan 1:2	39
Gambar 4.8 Perbandingan Runup Relatif dengan Bilangan Iribarren.....	40
Gambar 4.9 Pengaruh Kecuraman Gelomban terhadap Runup Relatif pada Kemiringan 1:1,15	40
Gambar 4.10 Pengaruh Kecuraman Gelomban terhadap Runup Relatif pada Kemiringan 1:1,5	41
Gambar 4.11 Pengaruh Kecuraman Gelomban terhadap Runup Relatif pada Kemiringan 1:1,2	41
Gambar 4.12 Pengaruh Variasi Kemiringan pada Perbandingan H/Lo dengan Ru/H.....	42
Gambar 4.13 Perbandingan Nilai Runup Relatif BPPT-Lock dengan Coreloc	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variasi Sudut Kemiringan, Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang.....	22
Tabel 4.1	Hasil Nilai Olahan AnaWare.....	32
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Runup Gelombang	33
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Iribarren dan <i>Wave Steepness</i> Gelombang pada Kemiringan 1:1,15	35
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Iribarren dan <i>Wave Steepness</i> Gelombang pada Kemiringan 1:1,5	35
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Iribarren dan <i>Wave Steepness</i> Gelombang pada Kemiringan 1:2	36

LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PROSES PEMBUATAN DAN PEMASANGAN MODEL
LAMPIRAN B	HASIL PEMBACAAN GELOMBANG PADA PERANGKAT LUNAK ANAWARE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abrasi pantai merupakan salah satu masalah serius yang terjadi pada wilayah pantai di Indonesia. Abrasi umumnya disebabkan oleh gempuran gelombang laut yang dapat menyebabkan semakin menjoroknya garis pantai ke darat, yang mengakibatkan kemunduran garis pantai. Akibat mundurnya garis pantai, maka pembangunan struktur pelindung pantai untuk menjaga garis pantai sangat diperlukan. Hal ini bertujuan untuk melindungi garis pantai dari gempuran ombak dan limpasan gelombang ke daratan. Salah satu struktur pelindung pantai yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah dengan pembangunan *seawall*.

Seawall merupakan salah satu bentuk konstruksi pelindung pantai yang dibuat sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai dan memiliki dinding relatif tegak atau lengkung. Selain berfungsi melindungi pantai dari abrasi dan erosi, *seawall* juga mempunyai fungsi khusus yang membedakan dengan struktur pelindung pantai yang lain yaitu melindungi pantai terhadap limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan yang tepat berada di belakang bangunan. *Seawall* pada umumnya dibuat dari konstruksi padat seperti beton, tumpukan pipa beton, turap, kayu, atau tumpukan batu sehingga *seawall* tidak meredam energi gelombang, tetapi bersifat memantulkan gelombang.

Seperti yang telah kita ketahui salah satu fungsi utama dinding pantai adalah menahan terjadinya limpasan gelombang. Air yang melimpas di belakang bangunan akan terinfiltrasi melalui permukaan tanah dan mengalir kembali ke laut. Apabila perbedaan elevasi muka air di belakang dan di depan bangunan cukup besar dapat menimbulkan kecepatan aliran cukup besar yang dapat menarik butiran tanah di belakang dan pada pondasi bangunan. Keadaan ini dapat mengakibatkan rusak atau runtuhnya bangunan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah membuat desain puncak bangunan yang tinggi berdasarkan *runup* gelombang yang akan terjadi sehingga tidak terjadi limpasan.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan studi eksperimen *runup* gelombang pada permodelan fisik *seawall* dengan menggunakan unit lapis lindung BPPT-lock. Unit lapis lindung BPPT-lock digunakan dengan pertimbangan kekuatan struktur lebih unggul dibanding dengan unit lapis lindung yang sudah ada serta dapat dipasang dengan pengaturan sederhana.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi kemiringan unit lapis lindung BPPT-lock pada kaki *seawall* terhadap *runup* gelombang?
2. Bagaimana pengaruh antar parameter *runup* gelombang pada *seawall* dengan unit lapis lindung BPPT-lock?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui *runup* gelombang maksimum yang terjadi terhadap variasi kemiringan pada unit lapis lindung BPPT-lock.
2. Untuk mengetahui karakteristik *runup* gelombang pada *seawall* unit lapis lindung BPPT-lock terhadap parameter yang mempengaruhinya.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian Tugas Akhir ini, akan diketahui besarnya *runup* gelombang terhadap variasi kemiringan pelindung kaki dan berbagai parameter yang mempengaruhinya. Data ini dapat digunakan sebagai referensi terutama dalam desain struktur puncak *seawall* serta pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang *coastal engineering*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap model.
- b. Gelombang yang digunakan adalah gelombang irregular.
- c. Variasi tinggi dan periode gelombang telah ditentukan.

- d. Variasi sudut kemiringan pelindung struktur telah ditentukan.
- e. Tinggi elevasi muka air telah ditentukan.
- f. Model uji menggunakan bahan dan skala yang telah ditentukan.
- g. Gaya gelombang terhadap stabilitas model tidak dikaji.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini yaitu:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang dilakukannya penelitian tentang *runup* gelombang pada *seawall* dengan unit lapis lindung BPPT-lock. Selain itu dijelaskan pula mengenai perumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini agar pembahasan masalahnya tidak terlalu luas. Agar laporan ini lebih mudah dipahami, maka dijelaskan pula sistematika penulisan laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Bab ini menjelaskan tinjauan pustaka dan dasar teori yang digunakan sebagai acuan penyelesaian tugas akhir ini dan juga berisikan rumus-rumus yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah secara terperinci dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Selain itu juga dijelaskan pemodelan yang akan digunakan dalam tugas akhir ini.

BAB IV Analisis Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan. Dan juga membahas tentang hasil pengolahan data sehingga nantinya bisa menjawab tujuan dilakukannya penelitian ini.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang berisi semua jawaban dari permasalahan yang ada dan menjawab tujuan dilakukannya penelitian ini. Dan juga berisi tentang saran penulis untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Abrasi merupakan permasalahan yang terjadi pada wilayah pantai di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh gempuran gelombang laut yang dapat menyebabkan semakin menjoroknya garis pantai ke darat sehingga mengakibatkan kemunduran garis pantai. Garis pantai dicirikan oleh suatu garis batas pertemuan antara daratan dengan air laut (CEM, 2002). Oleh karena itu pembangunan struktur pelindung pantai sangat diperlukan, hal ini bertujuan untuk melindungi garis pantai dari gempuran ombak agar tidak sampai ke wilayah pantai. Salah satu struktur pelindung pantai yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah dengan pembangunan *seawall*. *Seawall* berfungsi untuk melindungi pantai terhadap limpasan gelombang ke darat dan bersifat memantulkan gelombang tersebut sehingga menyebabkan gerusan pada kaki struktur. Sehingga pada bagian kaki *seawall* dapat menggunakan unit lapis lindung BPPT-lock sebagai pelindung yang mempunyai stabilitas hidraulik dan kekuatan struktur lebih unggul dibanding unit lapis lindung yang sudah ada (Zuhdan, dkk. 2009). Pemilihan material sebagai pelindung *seawall* dan kemiringan struktur sangat penting karena mempengaruhi besarnya *runup* gelombang.

Pada waktu gelombang menghantam suatu struktur bangunan, gelombang tersebut akan naik (*runup*) pada permukaan bangunan. Tinggi bangunan yang direncanakan tergantung pada *runup* yang diijinkan. Gelombang *runup* pada umumnya tergantung pada bentuk kekasaran bangunan (*roughness parameter*), kedalaman air, kemiringan, dan karakteristik gelombang. Para peneliti menyimpulkan bahwa besar *runup* gelombang pada struktur dengan permukaan miring merupakan fungsi dari *Iribarren number* (*Coastal Engineering*, 1998).

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai *runup* gelombang, diantaranya uji coba pada gelombang simulasi run-up memberi banyak wawasan dalam apa yang akan meningkatkan Simulator. Dengan meningkatnya tingkat air dan peningkatan jumlah tingkat run-up di lereng atas, memberi kerusakan pada transisi

dari berm ke lereng atas. Jenis kerusakan yang disebabkan mirip dengan limpasan kerusakan pada kaki tanggul, tapi dari lereng ke bagian horizontal (Van der Meer, 2010).

Desain struktur seperti pemecah gelombang dan *seawall* dipengaruhi oleh gelombang run-up dan limpasan atas mereka. Fenomena di atas sangat tergantung pada jenis unit armor karena mereka langsung berinteraksi dengan gelombang. Sebuah studi model fisik sebuah blok armor baru 'Kolos' versi modifikasi dari Dolos dilakukan untuk menyelidiki *runup* gelombang dan karakteristik limpasan. Hasilnya Kolos lebih baik dibanding *rubble mound* dalam menangani limpasan (Arunjith, 2013).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Dinding Pantai (*Seawall*)

Dinding pantai atau *seawall* merupakan bangunan pelindung pantai yang permukaan bangunan menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring dan ditempatkan sejajar dengan garis pantai yang berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap limpasan gelombang. *Seawall* bersifat memantulkan gelombang bukannya meredam gelombang, bisa terbuat dari beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu, atau tumpukan batu.

Di dalam perencanaan *seawall* perlu diperhatikan terjadinya erosi di kaki bangunan. Kedalaman erosi yang terjadi tergantung pada bentuk sisi bangunan, kondisi gelombang, dan sifat tanah dasar. Untuk melindungi erosi tersebut maka pada kaki bangunan ditempatkan batu pelindung. Kedalaman erosi maksimum terhadap tanah dasar asli adalah sama dengan tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi di depan bangunan (CERC, 1984).

2.2.2 Unit Lapis Lindung BPPT-Lock

Struktur pelindung pantai dilindungi oleh lapis pelindung dari tumpukan batu yang digunakan sebagai fondasi maupun pelindung kaki bangunan tersebut. Batu lapis lindung disusun dengan kemiringan tertentu dan terdiri dari beberapa lapis

dengan susunan lapis terluar terdiri dari batu dengan ukuran besar dan lapisan dibawahnya terdiri dari batu dengan ukuran yang lebih kecil begitu juga dengan lapisan selanjutnya. Stabilitas batu lapis pelindung tergantung pada berat dan bentuk butiran kemiringan sisi bangunan. Studi eksperimen ini menggunakan BPPT-lock sebagai unit lapis lindung. BPPT-lock telah diuji stabilitas hidraulik dan kekuatan strukturnya. Pengujian stabilitas hidraulik dilaksanakan untuk menentukan nilai stabilitas hidraulik. Pengujian dilaksanakan dengan membandingkan performanya dengan unit lapis lindung yang sudah ada (existing) baik yang bertipe lapis ganda maupun lapis tunggal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa BPPT-lock terbukti lebih unggul dan memiliki koefisien stabilitas hidraulik (K_D) yang lebih tinggi. Pengujian kekuatan struktur dilaksanakan untuk menjamin kekuatan struktur BPPT-lock dan telah dilaksanakan dengan metode FEM, dimana hasilnya BPPT-lock cukup kuat secara struktur (Zuhdan, 2009).

2.2.3 Karakteristik Gelombang

Berdasarkan teori Airy maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis (*sinusoidal progressive wave*), parameter penting yang menjelaskan gelombang air diantaranya panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman air. Parameter yang lainnya dapat ditentukan dari ketiga parameter di atas. Berikut merupakan parameter-parameter penting untuk menjelaskan teori gelombang, yaitu

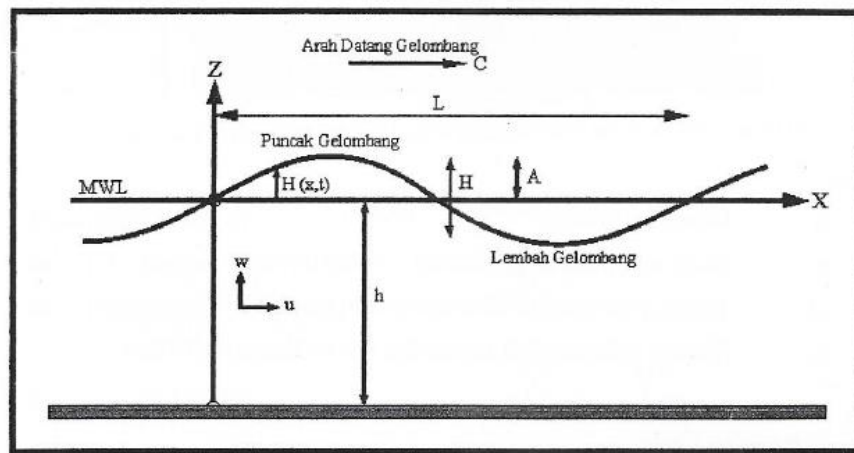
- a. Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang.
- b. Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.
- c. Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

- a. Kemiringan gelombang (wave steepness) = H/L
- b. Ketinggian relatif (relative height) = H/d
- c. Kedalaman relatif (relative depth) = d/L

Parameter penting lainnya seperti :

- Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggigelombang (H/2)
- Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (wave crest)
- Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f=1/T$



Gambar 2.1 Profil Gelombang (Triatmodjo 1999)

Untuk menghitung panjang gelombang dangkal (L) dari panjang gelombang laut dalam (L_0) dan periode gelombang (T), dapat digunakan pendekatan dengan rumus berikut (Nielsen, 1984) :

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$$

$$2\pi \frac{h}{L} = \sqrt{\left(2\pi \frac{h}{L_0}\right) \left(1 + \frac{1}{6} 2\pi \frac{h}{L_0} + \frac{11}{360} \left(2\pi \frac{h}{L_0}\right)^2\right)}$$

dengan :

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = kedalaman air (m)

2.2.4 Gelombang Irreguler

Gelombang di laut merupakan gelombang *irregular* karena memiliki tinggi dan periode gelombang yang tidak menentu (Bhattacharyya, 1972). Hal ini sebagai respon gelombang yang timbul terhadap angin yang bertiup. Ciri-ciri gelombang *irregular* adalah sebagai berikut:

1. Permukaan gelombangnya tidak beraturan dan mempunyai bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda.
2. Permukaan gelombang yang selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat, tergantung dari kecepatan angin.

Gelombang di laut dapat dinyatakan menurut distribusi energi terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuensinya disebut spektrum gelombang. Gelombang *irregular* tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya.

$$E_T = \sum E_I$$

Atau dalam bentuk lain :

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \xi_{ai}$$

dengan :

E_T = energi total (joule/m)

E_I = energi masing-masing gelombang sinusoidal (joule/m)

ρ = densitas air laut (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

ξ_{ai} = amplitudo gelombang (m)

2.2.5 Spektra Gelombang

Spektra gelombang adalah penyaluran energi gelombang sesuai dengan fungsi waktu. Hal ini menjelaskan bahwa energi total disebarkan oleh gelombang pada

waktu tertentu. Dominasi dan komponen gelombang *sinusoidal* yang membentuk suatu gelombang *irregular*, pada umumnya dinyatakan dalam bentuk spektra kepadatan amplitudo energi gelombang (spektra energi gelombang).

Spektra parameter tunggal yang sering digunakan adalah model Pierson-Moskowitz yang berdasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Selain itu terdapat beberapa spektra parameter ganda yang biasa digunakan seperti Bretshneider, Scott, ISSC serta spektra gelombang *Joint North Sea Wave Project* atau JONSWAP. Spektra JONSWAP dikembangkan oleh *Joint North Sea Wave Project* untuk fetch yang terbatas di Laut Utara. Persamaan spektra gelombang JONSWAP yang diturunkan untuk perairan Laut Utara lebih sesuai untuk diterapkan di perairan tertutup atau di daerah kepulauan (Hasselmen, 1973). Spektra ini sangat tepat karena dikembangkan dengan memperhatikan pertumbuhan gelombang di luar batas *fetch* dan penipisan ombak pada perairan dangkal.

Spektra JONSWAP diambil di perairan bagian barat Denmark untuk membuat model spektrum gelombang, dimana model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S(\omega) = E(f) \exp \left[-1.25 \left(\frac{f_p}{f} \right)^4 \right] \gamma^\Gamma$$

$$\Gamma = \exp \left[-\frac{(f-f_p)^2}{2\beta^2 f_p^2} \right]; E(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5}$$

dimana,

f = frekuensi (Hz)

f_p = frekuensi puncak (Hz)

α = konstanta Philip (equilibrium-range parameter)

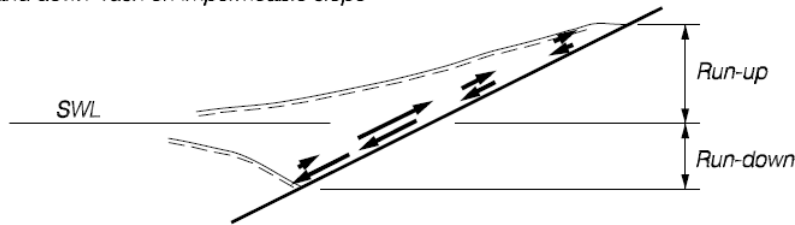
γ = *peak edness parameter* ($\gamma = 3,3$ biasa digunakan)

β = 0,07 untuk $f < f_p$ atau $\beta = 0,09$ untuk $f > f_p$

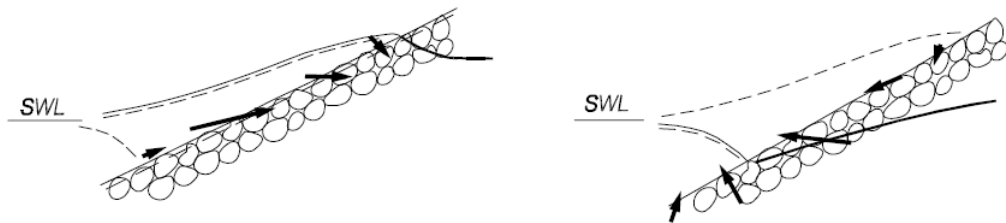
2.2.6 Runup Gelombang

Runup gelombang terjadi pada saat gelombang datang bergerak menuju ke pantai dan membentur kemiringan garis pantai atau bangunan pelindung pantai maka sebagian energi gelombang akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke arah lereng bangunan. Setelah mencapai elevasi maksimum, akan terjadi aliran balik yang disebut *rundown* akibat gaya gravitasi. *Rundown* akan terus berlangsung sampai dengan datang *runup* dari gelombang berikutnya atau *rundown* mencapai lembah dari gelombang berikutnya. Tinggi elevasi *runup* dan *rundown* diukur secara vertikal dari muka air rerata.

a) Up- and down- rush on impermeable slope



b) Up- and down- rush on permeable slope



Gambar 2.2 Ilustrasi *runup* dan *rundown* gelombang (Burcharth, 1993)

Runup tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut depan bangunan, dan karakteristik gelombang (Triadmodjo, 2012).

Runup gelombang sering diidentifikasi dengan istilah $R_{u2\%}$, hal ini merupakan level dari *runup* gelombang. Level ini diukur secara vertikal dari *Stell Water Level* (SWL) dan 2% menunjukkan kejadian dari gelombang yang melebihi dari muka air rerata. Misalnya dari 100 gelombang yang datang diambil 2 gelombang yang tertinggi lalu dirata-rata.

Runup gelombang sangat bergantung pada kondisi gelombang pecah. Gelombang pecah dapat diidentifikasi dengan *surf similarity parameter* atau *breaker parameter* atau sering juga disebut dengan *iribarren number*, ξ (Battjes, 1974).

$$\frac{Ru}{H} = \xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT^2}}}$$

dengan,

Ru = Tinggi *runup* gelombang rerata (m)

H = Tinggi gelombang (m)

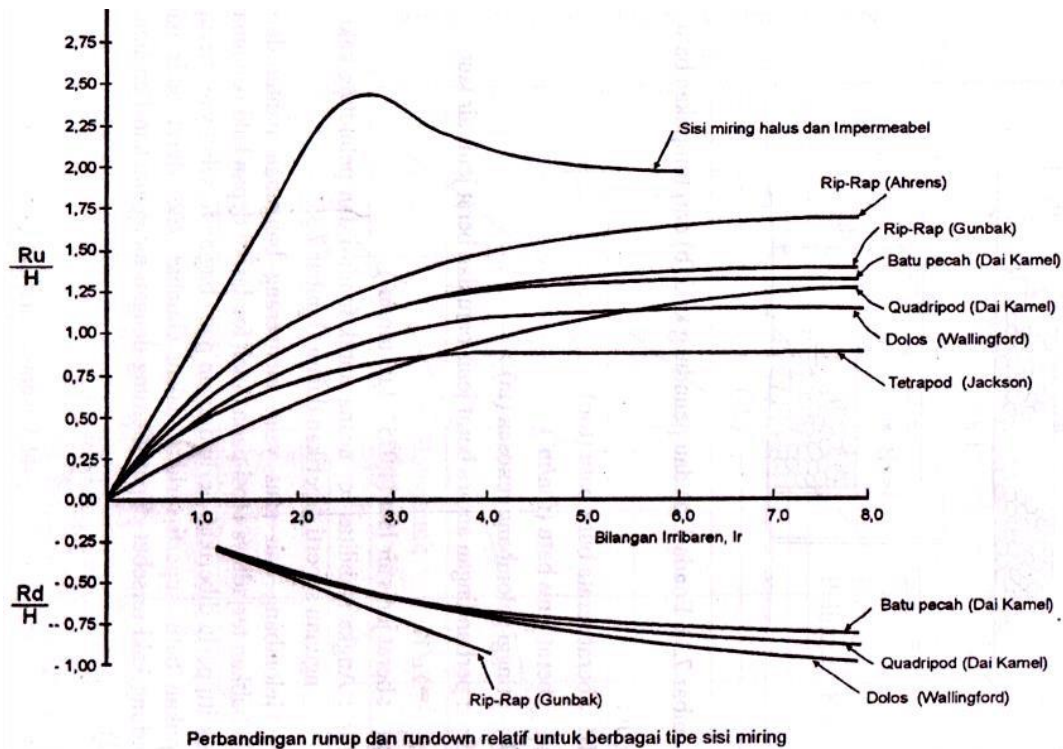
ξ = Iribarren number

α = sudut kemiringan tanggul

H_s = Tinggi gelombang signifikan (m)

T = Periode Gelombang (s)

Berbagai penelitian tentang runup gelombang telah dilakukan di laboratorium. Hasil penelitian tersebut berupa grafik-grafik yang dapat digunakan untuk menentukan tinggi runup. Berikut adalah grafik *runup* gelombang hasil dari percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh Iribarren untuk menentukan besar *runup* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai tipe material, sebagai fungsi bilangan Iribarren untuk berbagai jenis lapis lindung yang mempunyai bentuk berikut :



Gambar 2.3 Runup Gelombang (SPM, 1984)

Grafik di atas dapat juga digunakan untuk menghitung *rundown* (Rd) yaitu turunnya permukaan air karena gelombang pemecah pada sisi bangunan pantai. Selain itu, grafik tersebut mempunyai bentuk tak berdimensi untuk *runup* relatif Ru/H sebagai fungsi dari bilangan Iribarren, dimana Ru dan Rd adalah *runup* dan *rundown* yang dihitung dari muka air laut rerata.

2.2.7 Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan membuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993).

a. Kesamaan Geometrik

Kesamaan geometrik dipenuhi apabila bentuk model dan prototipe mempunyai bentuk yang sama tetapi berbeda ukuran. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara semua ukuran panjang adalah sama. Ada dua macam kesamaan geometrik yaitu kesamaan geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan kesamaan geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada kesamaan geometri sempurna skala panjang arah horisontal (disingkat menjadi skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (disingkat menjadi skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model, skala panjang tidak sama dengan skala tinggi. Skala panjang model dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{l_m}{l_p} = \frac{b_m}{b_p} = \frac{d_m}{d_p} = \frac{h_m}{h_p}$$

Dengan,

l_m = panjang model (m)

l_p = panjang prototipe (m)

b_m = lebar model (m)

b_p = lebar prototipe (m)

d_m = tinggi model (m)

d_p = tinggi prototipe (m)

h_m = kedalaman air pada model (m)

h_p = kedalaman air pada prototipe (m)

Pada kesamaan geometrik sempurna dapat ditentukan bahwa:

➤ Skala luas

$$n_A = \frac{A_p}{A_m} = \frac{(\text{panjang} \times \text{lebar})_p}{(\text{panjang} \times \text{lebar})_m} = (n_L)^2$$

➤ Skala volume

$$n_V = \frac{V_p}{V_m} = (n_L)^3$$

Sedangkan pada kesamaan geometrik dengan distorsi:

- Skala luas pada posisi horisontal

$$n_A = \frac{A_p}{A_m} = \frac{(\text{panjang} \times \text{lebar})_p}{(\text{panjang} \times \text{lebar})_m} = (n_L)^2$$

- Skala luas pada posisi vertikal

$$n_A = \frac{A_p}{A_m} = \frac{(\text{panjang} \times \text{lebar})_p}{(\text{panjang} \times \text{lebar})_m} = n_L \times n_H$$

- Skala volume

$$n_V = \frac{V_p}{V_m} = (n_L)^2 \times n_H$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T}$$

b. Kesamaan Kinematik

Sebagun kinematik terjadi antara prototipe dan model jika prototipe dan model memiliki kesamaan geometrik, dan perbandingan kecepatan dan percepatan di dua titik yang bersangkutan pada prototipe dan model pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, pada seluruh arah, kecepatan dan percepatan mempunyai perbandingan yang sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya berlaku pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau pada arah horisontal. Dengan demikian pada permasalahan yang menyangkut aliran tiga dimensi disarankan tidak menggunakan *distorted model*. Berdasarkan kesamaan kinematik, nilai-nilai skala antara model dan prototipe dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Skala waktu,

$$\frac{t_{m1}}{t_{p1}} = \frac{t_{m2}}{t_{p2}} = \frac{t_{m3}}{t_{p3}}$$

- Skala kecepatan,

$$\frac{v_{m1}}{v_{p1}} = \frac{v_{m2}}{v_{p2}} = \frac{v_{m3}}{v_{p3}}$$

➤ Skala percepatan,

$$\frac{f_{m1}}{f_{p1}} = \frac{f_{m2}}{f_{p2}} = \frac{f_{m3}}{f_{p3}}$$

c. Kesamaan Dinamik

Hughes (1993), menyatakan bahwa pada bangunan pantai proses fisik yang terjadi dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Gaya-gaya tersebut meliputi gaya inersia, gaya tekan, gaya berat, gaya gesek dan gaya tegangan permukaan. Seluruh vektor gaya yang bekerja harus memiliki keserupaan dan bekerja pada arah yang sama. Sebangun dinamik dirumuskan melalui hukum Newton II. Sebagai ukuran gaya di model dan prototipe digunakan suatu besaran yang disebut gaya inersia, yang besarnya didapat dari persamaan $F = m.a$. Perbandingan gaya-gaya yang bekerja dengan gaya inersia memberikan nilai kesamaan dinamik.

$$\vec{F}_i = \vec{F}_g + \vec{F}_\mu + \vec{F}_\sigma + \vec{F}_E + \vec{F}_\rho$$

Dengan,

\vec{F}_i = gaya inersia

\vec{F}_g = gaya gravitasi

\vec{F}_μ = gaya gesek

\vec{F}_σ = gaya elastis

\vec{F}_ρ = gaya tekanan

Dari persamaan di atas, sangat sulit untuk memenuhi kesamaan dinamik secara menyeluruh dengan hanya menggunakan fluida yang sama di model dan di prototipe. Kestimbangan dinamik dapat diekspresikan sebagai perbandingan gaya-gaya tersebut di atas sebagai bilangan tak berdimensi dan dinyatakan dalam kriteria seperti *Froude Number*, *Reynold Number*, *Euler Number*, *Weber Number* atau *Cauchy Number*.

Kriteria di atas untuk perbandingan prototipe dan model haruslah sama dan dinyatakan sebagai berikut:

➤ *Froude Number* $\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)_p = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)_m$

- *Reynold Number* $\left(\frac{\rho v L}{\mu}\right)_p = \left(\frac{\rho v L}{\mu}\right)_m$
- *Euler Number* $\left(\frac{P}{\sigma v^2}\right)_p = \left(\frac{P}{\rho v^2}\right)_m$
- *Weber Number* $\left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right)_p = \left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right)_m$
- *Cauchy Number* $\left(\frac{\rho v^2}{E}\right)_p = \left(\frac{\rho v^2}{E}\right)_m$

d. Analisa Dimensi

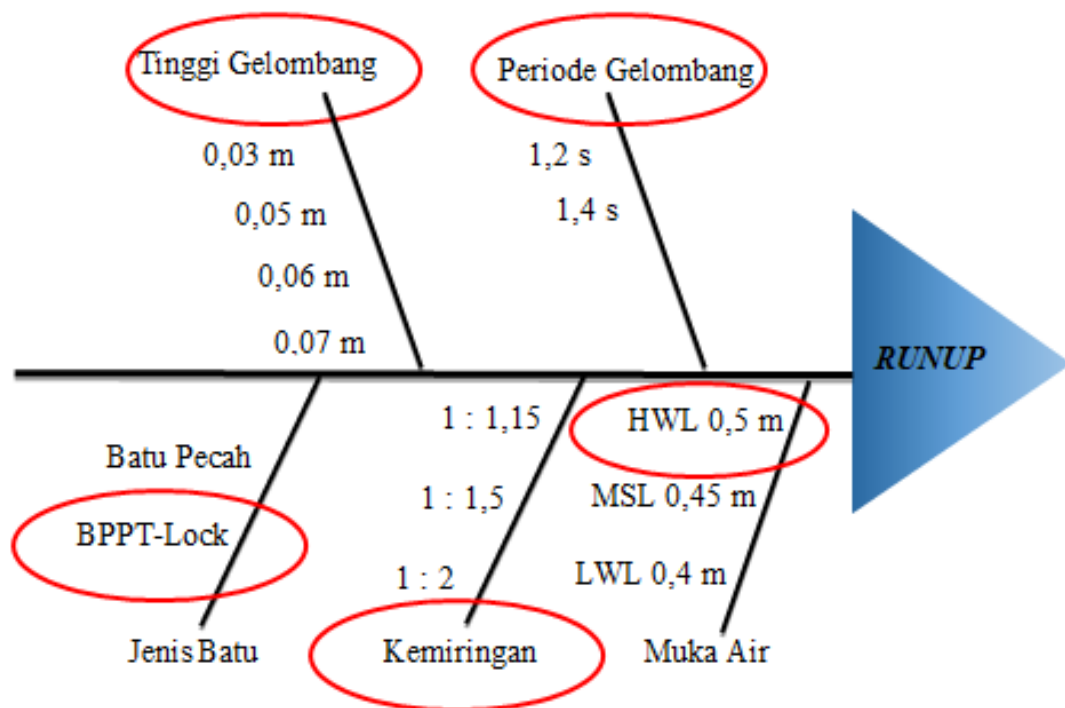
Penelitian ini menganalisa dimensi sangat dibutuhkan dimana setiap detail bahan dari model harus sama, sehingga ketika model dirangkai tidak terjadi perubahan bentuk atau ukuran. Persamaan dikatakan berdimensi homogen jika dimensi setiap suku dari suatu persamaan adalah identik/sama. Setiap persamaan secara fisik diawali dari fenomena analisa kesamaan, seperti persamaan dari suatu sistem satuan (Armono, 2005).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Fishbone* Diagram

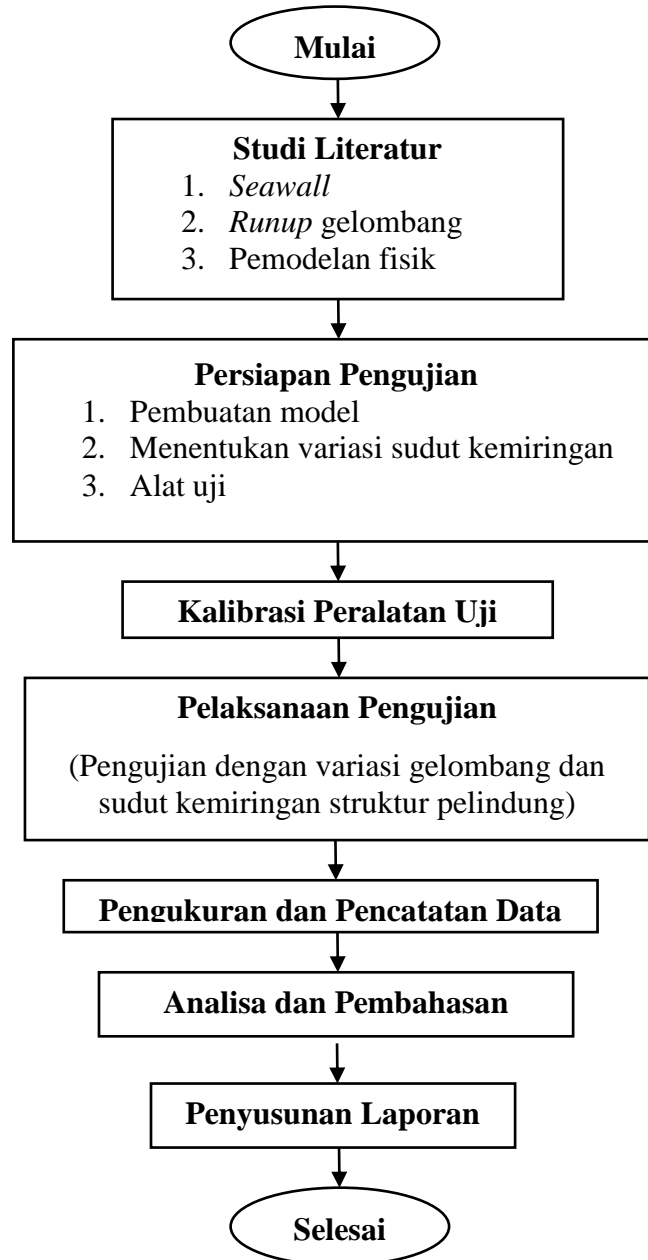
Fishbone diagram atau diagram tulang ikan digunakan untuk menggambarkan variasi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, seperti yang terdapat pada *fishbone* diagram di bawah ini:



Gambar 3.1 *Fishbone* Diagram Penelitian

3.2 Diagram Alir Penelitian

Untuk menganalisa *runup* gelombang pada *seawall* armor unit BPPT-lock, terdapat beberapa tahapan persiapan penelitian yang perlu dilakukan. Tahapan tersebut dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

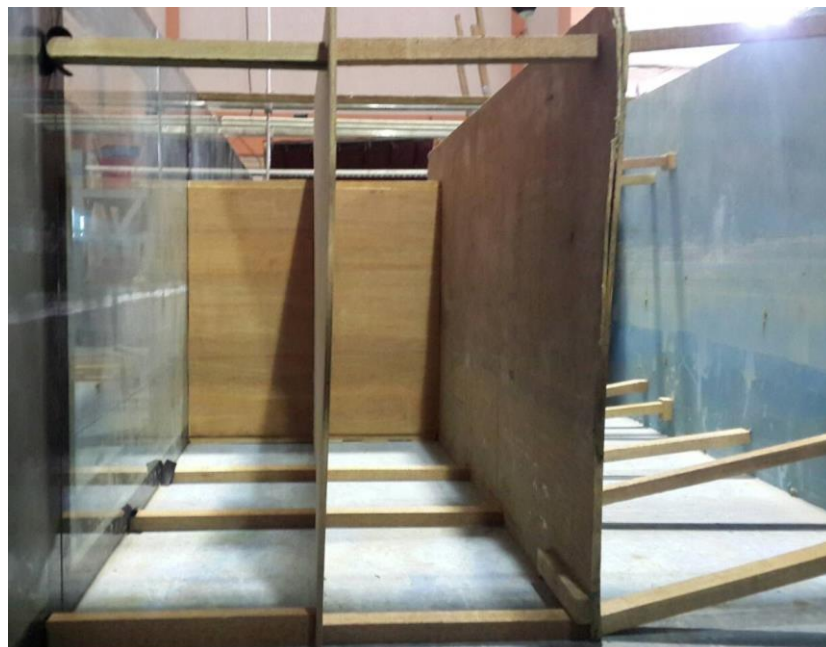
Berdasarkan diagram alir di atas, tahapan-tahapan yang akan digunakan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diharapkan dijelaskan di bawah ini:

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan untuk mencari berbagai referensi dan teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya dan ditunjang dengan literatur yang mendukung, seperti jurnal, buku, maupun tugas akhir.

3.3.2 Persiapan Pengujian

Dalam persiapan pengujian ini meliputi pembuatan model, persiapan alat dan bahan yang digunakan, penentuan variasi sudut kemiringan struktur pelindung, dan skema pengujian. Model *seawall* yang digunakan dalam pengujian memiliki dinding tegak yang dengan ukuran 50cmx30cmx100cm (pxlxt). Seawall ini kerangkanya menggunakan kayu dan di dalamnya berisikan paving sebagai pemberat, setelah itu ditutup dengan kayu lapis.



Gambar 3.3 Model *seawall* tampak depan

Seawall dan unit lapis lindung dimodelkan tanpa distorsi (*undistorted model*), artinya skala arah horisontal dan arah vertikal dibuat sama. Pada pengujian ini

menggunakan unit lapis lindung BPPT-lock dengan ukuran model, panjang lengan dari kanan ke kiri 7 cm dan tinggi hidung dari atas ke bawah adalah 5 cm. Model BPPT-lock merupakan prototipe yang diperkecil dengan skala 1:25. Model BPPT-lock dan paving yang digunakan pada model *seawall* dibersihkan/dicuci hingga bersih agar tidak mempengaruhi kejernihan air di dalam *flume*.



Gambar 3.4 Model BPPT-lock

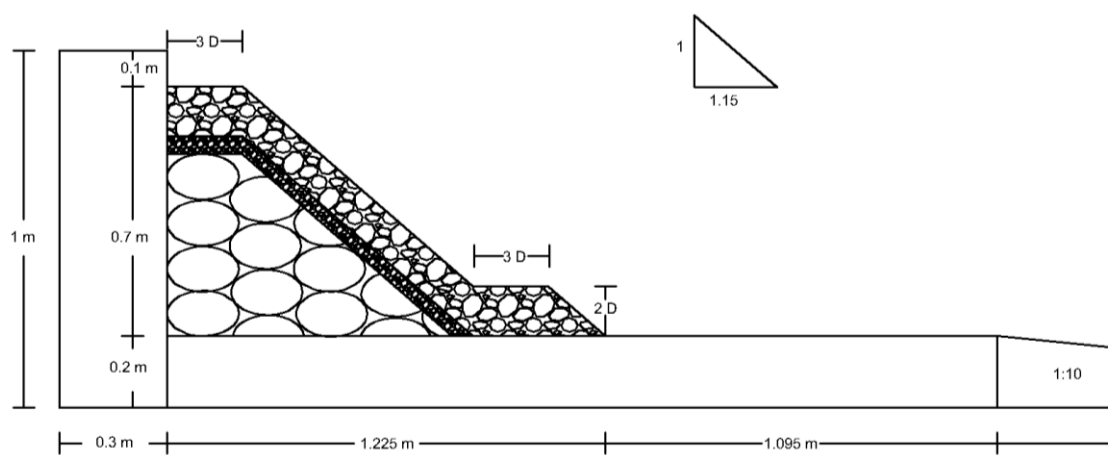
Pengujian ini menggunakan 3 variasi kemiringan struktur unit lapis pelindung, yaitu 1:1,15 , 1:1,5 , dan 1:2. Tujuan variasi kemiringan ini untuk mengetahui pengaruh terhadap *runup* gelombang yang dihasilkan. Struktur unit lapis pelindung terdiri dari tiga bagian. Pertama yaitu puncak struktur yang memiliki lebar tiga kali panjang lengan BPPT-lock. Kedua yaitu lereng struktur unit lapis pelindung dengan variasi kemiringan yang telah ditentukan. Ketiga yaitu kaki dari struktur unit lapis pelindung yang memiliki lebar tiga kali panjang lengan BPPT-lock dan tinggi dua kali panjang lengan BPPT-lock. Struktur unit lapis pelindung terdiri dari tiga lapisan. Lapisan terluar terdiri dari unit lapis lindung BPPT-lock. Lapisan kedua yang berada di bawahnya terdiri dari batu dengan berat 1/10 berat BPPT-lock (menggunakan batu pecah). Dan lapisan ketiga terdiri dari tumpukan karung pasir yang digunakan sebagai inti dari struktur unit lapis pelindung.



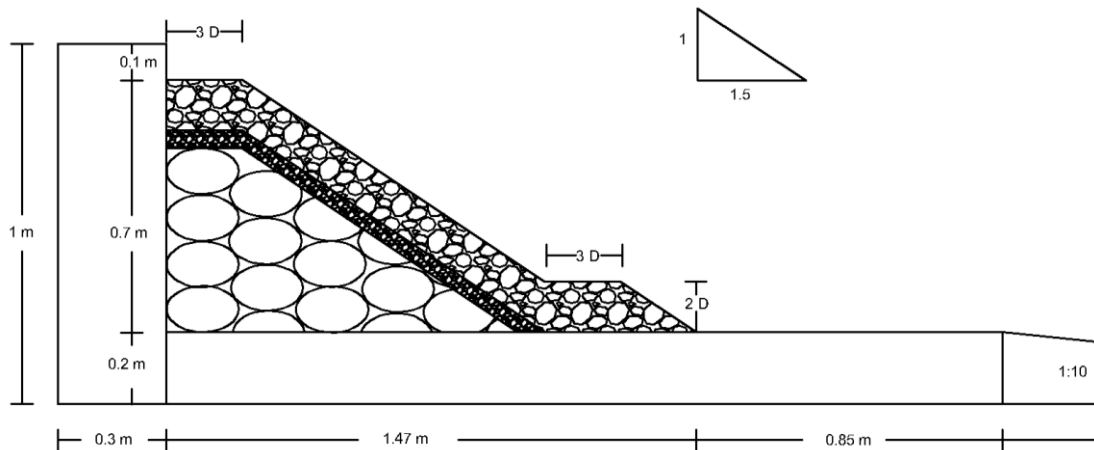
Gambar 3.5 Model tampak depan



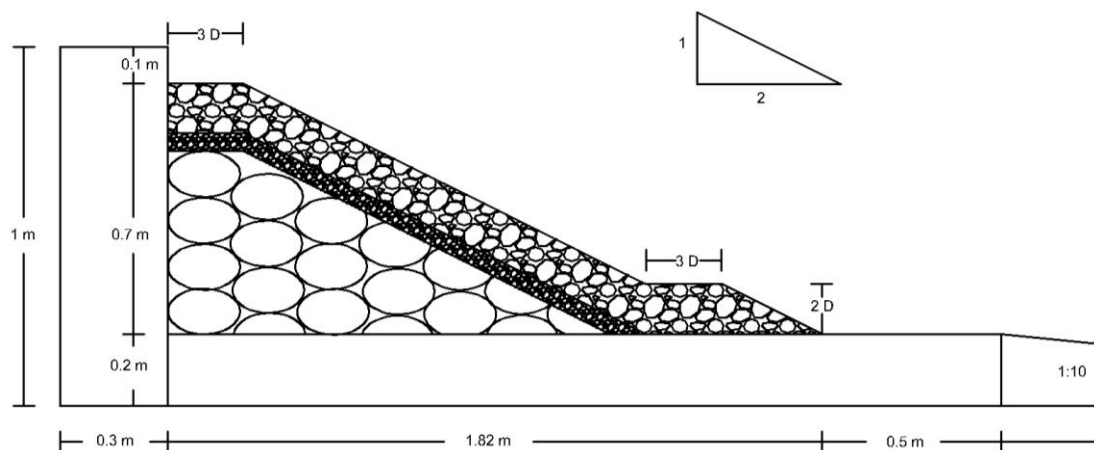
Gambar 3.6 Model tampak samping



Gambar 3.7 Konfigurasi *seawall* dengan kemiringan armor 1: 1,15



Gambar 3.8 Konfigurasi *seawall* dengan kemiringan armor 1:1,5



Gambar 3.9 Konfigurasi *seawall* dengan kemiringan armor 1:2

Selain variasi sudut kemiringan struktur unit lapis pelindung, pada penelitian ini juga dilakukan variasi tinggi dan periode gelombang. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang irreguler. Berbagai variasi yang digunakan dalam pengujian ini terdapat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Variasi sudut kemiringan, tinggi gelombang dan periode gelombang rencana.

slope	H (m)	g	T (s)	n	t
1/1,15	0.03	9.81	1.2	200	240
	0.05	9.81	1.2	200	240
	0.06	9.81	1.2	200	240
	0.07	9.81	1.2	200	240
	0.06	9.81	1.4	200	280
	0.06	9.81	1.4	200	280

slope	H (m)	g	T (s)	n	t
	0.07	9.81	1.4	200	280
	0.07	9.81	1.4	200	280
1/1,5	0.03	9.81	1.2	200	240
	0.05	9.81	1.2	200	240
	0.06	9.81	1.2	200	240
	0.07	9.81	1.2	200	240
	0.03	9.81	1.4	200	280
	0.05	9.81	1.4	200	280
	0.06	9.81	1.4	200	280
	0.07	9.81	1.4	200	280
	0.07	9.81	1.4	200	280
1/2	0.03	9.81	1.2	200	240
	0.03	9.81	1.2	200	240
	0.05	9.81	1.2	200	240
	0.05	9.81	1.2	200	240
	0.06	9.81	1.4	200	280
	0.06	9.81	1.4	200	280
	0.07	9.81	1.4	200	280
	0.07	9.81	1.4	200	280

Peralatan pengujian yang akan digunakan dalam studi eksperimen *runup* gelombang pada *seawall* dengan unit lapis lindung BPPT-lock adalah sebagai berikut:

1. Kolam Gelombang (*Flume Tank*)

Pengujian dilakukan di dalam *flume tank* Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Jurusan Teknik Kelautan. *Flume tank* memiliki ukuran panjang 20m, lebar 2m dan tinggi 1,5m dan memiliki tiga jenis pembangkit. Pertama adalah pembangkit gelombang, pembangkit gelombang ini dapat membangkitkan gelombang reguler dan irreguler dengan tinggi gelombang maksimum yang dapat dibangkitkan adalah 30 cm untuk gelombang reguler dan 7 cm untuk gelombang irreguler. Untuk besar periode berkisar antara 0,5 detik sampai 3,0 detik, dan kedalaman air maksimum sebesar 80 cm. Pembangkit gelombang ini menggunakan sistem *plunyer*. Kedua adalah pembangkit angin yang menggunakan sistem *blower* dengan kecepatan maksimum angin yang dapat dibangkitkan adalah 10 m/s. Ketiga adalah pembangkit arus yang menggunakan sistem *impeller* dengan rentang kecepatan 2,5 m/s hingga 10 m/s.



Gambar 3.10 *Flume Tank*

2. Pembangkit Gelombang

Pembangkit gelombang terdiri atas 4 unit pengapung dan penggerak gelombang, sebuah pengontrol tekanan dan sebuah computer khusus dengan sinyal listrik. Masing-masing pengapung digerakkan ke atas dan ke bawah oleh *actuator*, yang terdiri dari linear *slide assembly* dan *AC servo motor*. Semua gerakan pengapung diserahkan, penggerak tersebut dikontrol dalam sistem komputer.



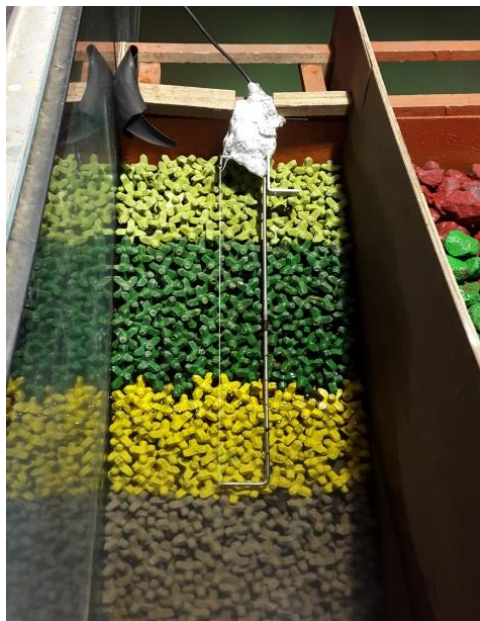
Gambar 3.11 Pembangkit gelombang

3. *Wave Probe*

Wave probe merupakan alat yang digunakan untuk merekam tinggi gelombang yang diletakkan pada kolam gelombang. Apabila *wave probe* tercelup air maka elektrode akan mengukur konduktivitas air dimana akan berubah sesuai variasi perubahan elevasi muka air. Pada eksperimen ini digunakan dua buah *wave probe*, *wave probe* 1 diletakkan 3 m di depan model untuk mengukur gelombang datang dan *wave probe* 2 diletakkan pada kemiringan unit lapis lindung untuk mengetahui rayapan gelombang.



Gambar 3.12 *Wave probe 1*



Gambar 3.13 *Wave probe 2*

4. Komputer Kontrol

Laboratorium *wave tank* dilengkapi dengan *interface ADC (Analog Digital Converter)*. Fungsi dari alat ini untuk merubah data analog dari *wave probe* menjadi data digital yang diproses dengan menggunakan piranti lunak. Dengan perangkat ini maka dapat diketahui hasil percobaan secara digital maupun grafik.

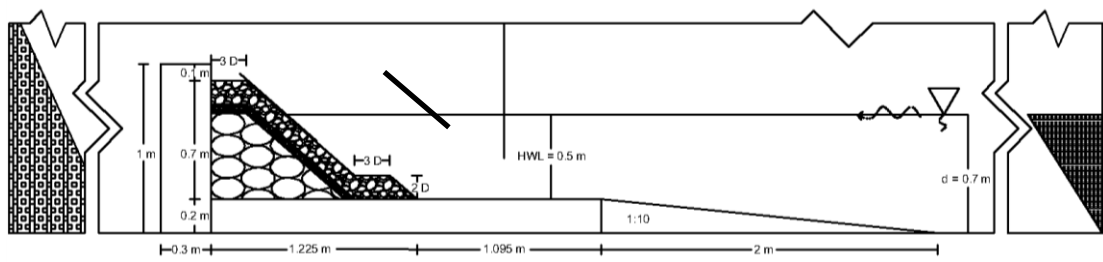
3.3.3 Kalibrasi Peralatan Uji

Wave probe sangat mempengaruhi hasil dari pengujian yang dilakukan yaitu mencatat fluktuasi gelombang. Maka proses kalibrasi terhadap *wave probe* harus dilakukan. Proses kalibrasi *wave probe* dilakukan dengan cara mencatat posisi *zero point* dari *wave probe* dan kemudian merekam kalibrasinya dengan menaikkan dan menurunkan *wave probe* sebanyak 3 titik ke atas dan 3 titik ke bawah dari posisi *zero point* dengan perubahan tiap satu titik sebesar 5 cm. Setelah proses pencatatan kalibrasi selesai, maka *wave probe* harus dikembalikan pada posisi awal atau *zero point position*. Kalibrasi ini dilakukan untuk mencari hubungan antara perubahan electrode yang tercelup dalam air dengan perubahan voltase yang tercatat dalam *recorder*.

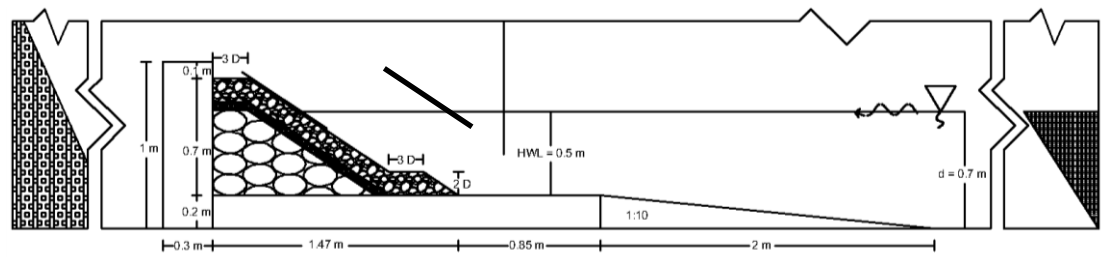
Kalibrasi pada mesin pembangkit gelombang perlu dilakukan untuk mengetahui *input* tinggi gelombang sudah sesuai dengan hasil *output* tinggi gelombang yang dibangkitkan.

3.3.4 Proses Pengujian

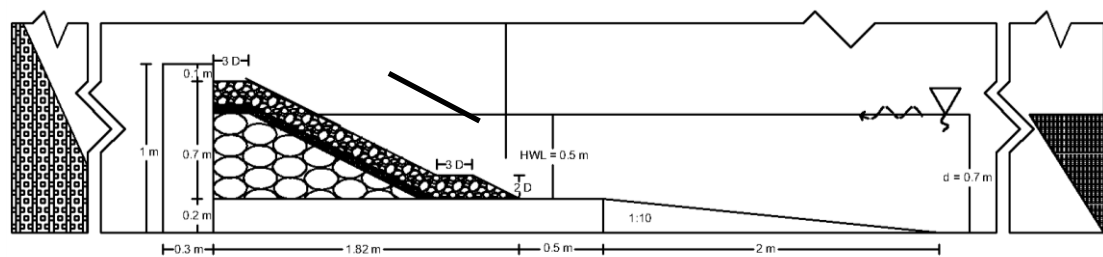
Setelah model disusun dengan variasi sudut kemirinan yang telah ditentukan, maka masing-masing susunan diujikan dengan *input* tinggi dan periode gelombang yang bervariasi sesuai dengan rencana pengujian. Untuk setiap *running*, dibangkitkan gelombang irreguler dengan spektrum JONSWAP. Jumlah gelombang yang dibangkitkan adalah 200 gelombang setiap *running*.



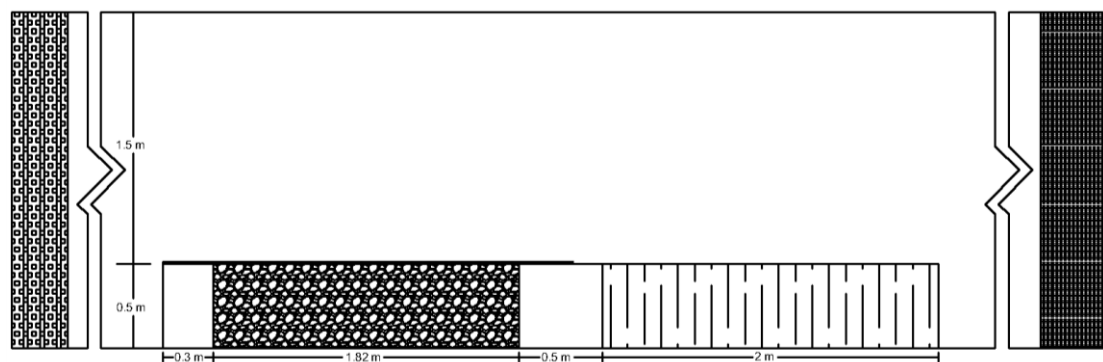
Gambar 3.14 Skema pengujian variasi kemiringan armor *seawall* 1:1,15



Gambar 3.15 Skema pengujian variasi kemiringan armor *seawall* 1:1,5



Gambar 3.16 Skema pengujian variasi kemiringan armor *seawall* 1:2



Gambar 3.17 Skema pengujian variasi kemiringan armor *seawall* 1:2

tampak atas.

3.3.5 Pengukuran dan Pencatatan Data

Untuk setiap pengujian akan dibangkitkan sebanyak 200 gelombang dengan satu variasi kemiringan, satu variasi tinggi gelombang, dan satu variasi periode gelombang. Tinggi gelombang dan periode gelombang direkam oleh *wave probe* 1 yang diletakkan 3 m di depan model sedangkan rayapan gelombang direkam oleh *wave probe* 2. Data yang terekam oleh *wave probe* menunjukkan sebaran elevasi gelombang dalam satuan voltase berupa file *time history* yang kemudian dikonversi terlebih dahulu dengan menggunakan Refana untuk menampilkan data ETA (*Estimated Time series Analysis*) dalam satuan cm. Data yang didapat dikalibrasi dengan persamaan regresi yang telah ditunjukkan pada grafik sehingga didapatkan sebaran data elevasi gelombang dalam setiap *time series*-nya. Untuk mendapatkan beberapa parameter yang diinginkan misalnya tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang, maka data tersebut dianalisa dengan menggunakan *software* AnaWare.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Gelombang yang dibangkitkan dalam pengujian laboratorium adalah gelombang *irregular*. Pengujian *runup* gelombang pada *seawall* menggunakan tiga variasi kemiringan yaitu 1:1,15 ; 1:1,5 ; dan 1:2. Kondisi yang disetting pada pembangkit gelombang di *flume* adalah dengan variasi tinggi gelombang 3 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm dan priode gelombang 1,2 detik dan 1,4 detik. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, akan diperoleh data rekaman gelombang yang dibutuhkan dalam analisa *runup* diantaranya tinggi gelombang, periode gelombang, serta rayapan gelombang. Data yang diperoleh masih dalam satuan volt, karena *probe* pada pengujian hanya dapat mengukur tegangan. Data fluktuasi muka air akan diperoleh dengan cara melakukan kalibrasi pada *probe* terlebih dahulu. Setelah dikalibrasi data rekaman gelombang diolah menggunakan *Refana*. Parameter yang diperlukan seperti tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang akan diperoleh dengan mengolah kembali data *Refana* dengan bantuan software AnaWare.

4.1.1 Analisa Data Gelombang

Pencatatan gelombang yang diperoleh adalah berupa data profil gelombang yang terekam oleh *wave probe* 1 yang diletakkan 3 m di depan model dan rayapan gelombang yang terekam oleh *wave probe* 2 yang diletakkan pada kemiringan unit lapis lindung. Data yang terekam oleh *wave probe* berbentuk file *.TMH yang kemudian dirubah dengan macro excel *Refana* sehingga didapatkan data Eta dengan Eta 1 adalah nilai tegangan yang terekam pada *wave probe* 1 dan Eta 2 adalah nilai tegangan yang terekam pada *wave probe* 2.

Data gelombang hasil eksperimen yang digunakan untuk menganalisa *runup* gelombang pada kemiringan armor ini menggunakan bantuan software AnaWare. Software AnaWare digunakan untuk menentukan nilai tinggi gelombang dan periode gelombang yang berasal dari pengukuran *wave probe*.

Data gelombang yang terekam oleh sistem komputer dari hasil pengukuran wave probe berupa Time History (.TMH). Untuk dapat membaca data tersebut harus dilakukan konversi dengan menggunakan macro excel Refana sehingga diperoleh nilai tegangan fluktuatif yang direkam oleh wave probe selama running berlangsung.

V5															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1						Data Directory	D:\TUGAS AKHIR\TA komputer ruangan\seawal\1.RUN UP awang\1,1,15\#								
2						Data FileName	H5 T1.2.TMH								
3															
4						Zero Voltage		-0.0027	-0.0015		Zero	File name			
5						Cal. Vfloatge(with z)		0.0289	-0.0318		Cal.	C:\Program\OTHERS\heny\zeroheny2.TMH			
6						Cal. Vfloatge(without z)		0.0316	-0.0303			C:\Program\OTHERS\heny\calheny2.TMH			
7						Cal.Set Value(m)		0.1000	0.1000						
8						Cal value		3.1649	-3.2979						
9							INP.	INP.	Fix.	INP.	INP.				
10						setting value	W. period	Samp. Frq.	2PAI	W. period 1	W. period 2				
11								25.0	6.283165						
12							calc.	calc.	calc.	calc.	calc.	calc.	calc.	calc.	
13						Calc.result	Eta1cos	Eta1sin	Eta2cos	Eta2sin	cos2	sin2	sincos		
14															
15							calc.	calc.	calc.	cal.					
16						Ana result	A1	B1	A2	B2					
17															
18						Calc. Point	start (inp.)	end (inp.)	Data No.						
19									4500						
20						Time History	No (sec)	Eta 1 (cm)	Eta 2 (cm)						
21						Time His. Clear	0.000	0.070315	0.397667						
22							0.040	-0.00695	0.349357						
23						Time History	0.080	-0.1151	0.3010						
24							0.120	-0.1924	0.2688						
25						Zero UP cross	0.160	-0.3315	0.2044						
26							0.200	-0.4551	0.1561						
27						FRQ ANA	0.240	-0.5633	0.1078						
28							0.280	-0.6406	0.0434						
29							0.320	-0.7333	-0.0049						
30							0.360	-0.7951	-0.0854						
31							0.400	-0.8724	-0.1498						
32							0.440	-0.9033	-0.2465						

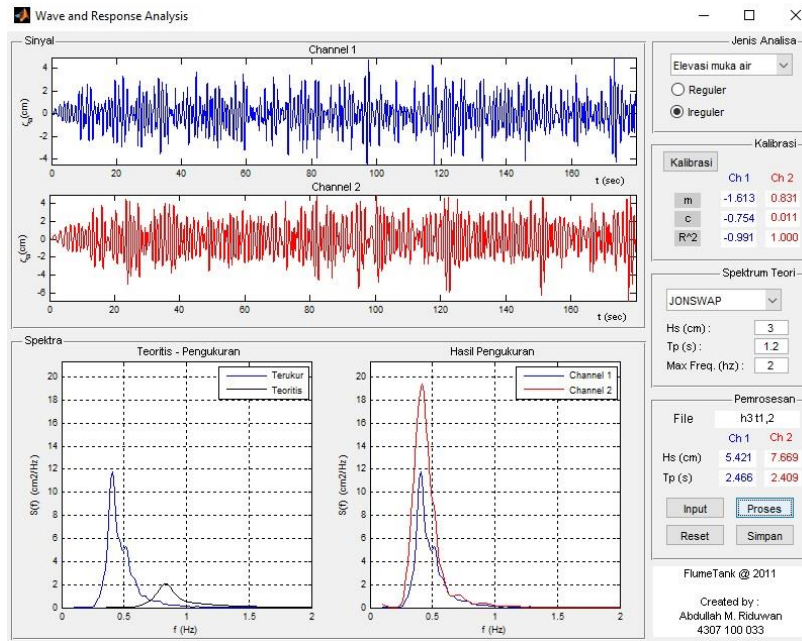
Gambar 4.1. Tampilan excel macro Refana

Nilai Eta 1 dan Eta 2 dari hasil excel macro Refana baik berupa rekaman gelombang maupun kalibrasi probe disimpan dalam satu folder yang sama untuk dilakukan analisa menggunakan software AnaWare. Nilai kalibrasi probe diletakkan pada setiap file excel yang berbeda. Contoh pada gambar 4.2 nilai 0 diletakkan pada file 0, nilai +5 cm diletakkan pada D2, nilai +10 cm diletakkan pada D3, nilai +15 cm diletakkan pada D4, nilai -5 cm diletakkan pada U2, nilai -10 cm diletakkan pada U3, dan nilai -15 cm diletakkan pada U4. Nilai untuk setiap variasi gelombang juga diletakkan pada file yang berbeda pula.

Name	Date modified	Type	Size
0	5/2/2017 9:39 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB
AnaWaRe	9/27/2016 12:50 AM	Application	118 KB
D2	5/3/2017 8:01 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB
D3	5/3/2017 8:01 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB
D4	5/3/2017 8:01 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB
h3 t1,2	4/24/2017 7:38 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h3 t1,4	4/24/2017 7:39 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h5 t1,2	4/24/2017 7:39 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h5 t1,4	4/24/2017 7:40 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h6 t1,2	4/24/2017 7:42 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h6 t1,4	4/24/2017 7:43 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h7 t1,2	4/24/2017 7:44 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
h7 t1,4	4/24/2017 7:44 PM	Microsoft Excel 97...	359 KB
summary output1	5/3/2017 8:06 AM	Microsoft Excel W...	14 KB
U2	5/3/2017 8:02 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB
U3	5/3/2017 8:02 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB
U4	5/3/2017 8:02 AM	Microsoft Excel 97...	210 KB

Gambar 4.2. Penempatan hasil nilai output Refana pada satu folder

Pengoperasian AnaWare dengan menggunakan input parameter gelombang awal serta data hasil rekaman *wave probe* yang telah diolah menggunakan excel macro Refana. Langkah pertama menentukan jenis gelombang yang akan dianalisa, berupa gelombang regular atau ireguler. Selanjutnya kalibrasi berdasarkan nilai yang terdapat pada file excel hasil kalibrasi. Apabila yang dianalisa berupa gelombang ireguler maka tentukan jenis spektrum yang digunakan dan masukkan nilai Hs dan Tp rencana. Input file hasil olahan Refana yang akan dianalisa kemudian proses. Hasil proses menggunakan AnaWare didapatkan parameter gelombang berupa tinggi signifikan (Hs), periode gelombang (Tp), serta rayapan gelombang maksimum.



Gambar 4.3 Tampilan Software AnaWare

Tabel 4.1. Hasil nilai olahan AnaWare

Percobaan ke	Jenis Gelombang	Kemiringan	H.in	Hs	T.in	Tp
			m		detik	
1	Ireguler	1:1,15	0,03	0,064	1,2	1,55
2			0,03	0,065	1,4	1,77
3			0,05	0,097	1,2	1,48
4			0,05	0,106	1,4	1,60
5			0,06	0,119	1,2	1,49
6			0,06	0,129	1,4	1,60
7			0,07	0,122	1,2	1,42
8			0,07	0,148	1,4	1,56
9		1:1,5	0,03	0,067	1,2	1,64
10			0,03	0,068	1,4	1,71
11			0,05	0,103	1,2	1,53
12			0,05	0,113	1,4	1,68
13			0,06	0,128	1,2	1,60
14			0,06	0,134	1,4	1,69
15			0,07	0,131	1,2	1,54
16			0,07	0,150	1,4	1,63
17		1:2	0,03	0,063	1,2	1,58
18			0,03	0,065	1,4	1,66
19			0,05	0,098	1,2	1,49
20			0,05	0,108	1,4	1,63
21			0,06	0,120	1,2	1,58
22			0,06	0,129	1,4	1,71
23			0,07	0,127	1,2	1,55
24			0,07	0,141	1,4	1,66

Tabel di atas merupakan output dari Channel 1 berupa nilai tinggi gelombang dan periode gelombang pada *wave probe* 1 sebagai data gelombang yang dibangkitkan. Perbedaan nilai tinggi gelombang dan periode gelombang yang diinputkan nilainya berbeda dengan yang terekam atau outputnya. Hal ini disebabkan oleh pembangkit gelombang yang kurang optimal.

4.1.2 Analisa Data *Runup* Gelombang

Hasil pengukuran *runup* gelombang menggunakan output dari *wave probe* 2 (Channel 2) yang diletakkan pada kemiringan unit lapis lindung pada *seawall* yang telah ditentukan. Proses pengolahan data sama dengan Channel 1. Output dari Channel 1 berupa nilai tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang sedangkan output yang dibutuhkan pada Channel 2 adalah rayapan gelombang maksimum pada kemiringan unit lapis lindung. Tinggi rayapan gelombang tersebut bisa digunakan untuk mengetahui *runup* gelombang yang terjadi dengan cara menarik garis vertikal dari puncak rayapan gelombang tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Runup* Gelombang

Percobaan ke	Jenis Gelombang	Kemiringan	H.in	T.in	Ru
			m	detik	m
1	Ireguler	1:1,15	0,03	1,2	0,100
2			0,03	1,4	0,104
3			0,05	1,2	0,139
4			0,05	1,4	0,159
5			0,06	1,2	0,167
6			0,06	1,4	0,190
7			0,07	1,2	0,170
8			0,07	1,4	0,209
9		1:1,5	0,03	1,2	0,095
10			0,03	1,4	0,098
11			0,05	1,2	0,133
12			0,05	1,4	0,152
13			0,06	1,2	0,158
14			0,06	1,4	0,172
15			0,07	1,2	0,160
16			0,07	1,4	0,189
17		1:2	0,03	1,2	0,086
18			0,03	1,4	0,090

Percobaan ke	Jenis Gelombang	Kemiringan	H.in m	T.in detik	Ru m
19			0,05	1,2	0,122
20			0,05	1,4	0,139
21			0,06	1,2	0,143
22			0,06	1,4	0,159
23			0,07	1,2	0,150
24			0,07	1,4	0,172

4.1.3 Nilai Iribarren

Runup gelombang dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya parameter gelombang (tinggi gelombang dan periode gelombang) serta kemiringan struktur. Dalam hal ini untuk menunjukkan hubungan antara *runup* dengan berbagai parameter yang mempengaruhinya maka digunakan fungsi bilangan Iribarren.

Di bawah ini adalah contoh perhitungan bilangan Iribarren untuk kemiringan struktur 1:2

$$H_s = 0,063 \text{ m}$$

$$T_p = 1,58 \text{ detik}$$

$$\tan \Theta = \frac{1}{20} = 0,50$$

$$\xi = \frac{\tan \Theta}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{g T_p^2}}}$$

$$\xi = 3,95$$

Tabel berikut menunjukkan perhitungan bilangan iribarren dan wave steepness pada setiap variasi gelombang dan kemiringan struktur unit lapis lindung.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan iribarren dan wave steepness gelombang pada kemiringan 1 : 1,15

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)	$\frac{Ru}{H}$	g	$\frac{H}{gT^2}$	Tan Θ	ξ
0,064	1,55	0,100	1,551	9,81	0,0027	0,87	6,64
0,065	1,77	0,104	1,612	9,81	0,0021	0,87	7,55
0,097	1,48	0,139	1,429	9,81	0,0045	0,87	5,16
0,106	1,60	0,159	1,506	9,81	0,0042	0,87	5,34
0,119	1,49	0,167	1,399	9,81	0,0055	0,87	4,68
0,129	1,60	0,190	1,468	9,81	0,0051	0,87	4,84
0,122	1,42	0,170	1,393	9,81	0,0062	0,87	4,41
0,148	1,56	0,209	1,413	9,81	0,0062	0,87	4,42

Tabel 4.4 Hasil perhitungan iribarren dan wave steepness gelombang pada kemiringan 1 : 1,5

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)	$\frac{Ru}{H}$	g	$\frac{H}{gT^2}$	Tan Θ	ξ
0,067	1,64	0,095	1,420	9,81	0,0025	0,67	5,28
0,068	1,71	0,098	1,450	9,81	0,0024	0,67	5,46
0,103	1,53	0,133	1,288	9,81	0,0045	0,67	3,96
0,113	1,68	0,152	1,344	9,81	0,0041	0,67	4,17
0,128	1,60	0,158	1,238	9,81	0,0051	0,67	3,73
0,134	1,69	0,172	1,282	9,81	0,0048	0,67	3,83
0,131	1,54	0,160	1,225	9,81	0,0056	0,67	3,54
0,150	1,63	0,189	1,258	9,81	0,0058	0,67	3,50

Tabel 4.5 Hasil perhitungan iribarren dan wave steepness gelombang pada kemiringan 1 : 2

Hs (m)	Tp (s)	Ru (m)	$\frac{Ru}{H}$	g	$\frac{H}{gT^2}$	Tan Θ	ξ
0,063	1,58	0,086	1,373	9,81	0,0026	0,50	3,95
0,065	1,66	0,090	1,389	9,81	0,0024	0,50	4,07
0,098	1,49	0,122	1,248	9,81	0,0045	0,50	2,99
0,108	1,63	0,139	1,292	9,81	0,0041	0,50	3,11
0,120	1,58	0,143	1,196	9,81	0,0049	0,50	2,86
0,129	1,71	0,159	1,235	9,81	0,0045	0,50	2,98
0,127	1,55	0,150	1,181	9,81	0,0054	0,50	2,72
0,141	1,66	0,172	1,220	9,81	0,0052	0,50	2,77

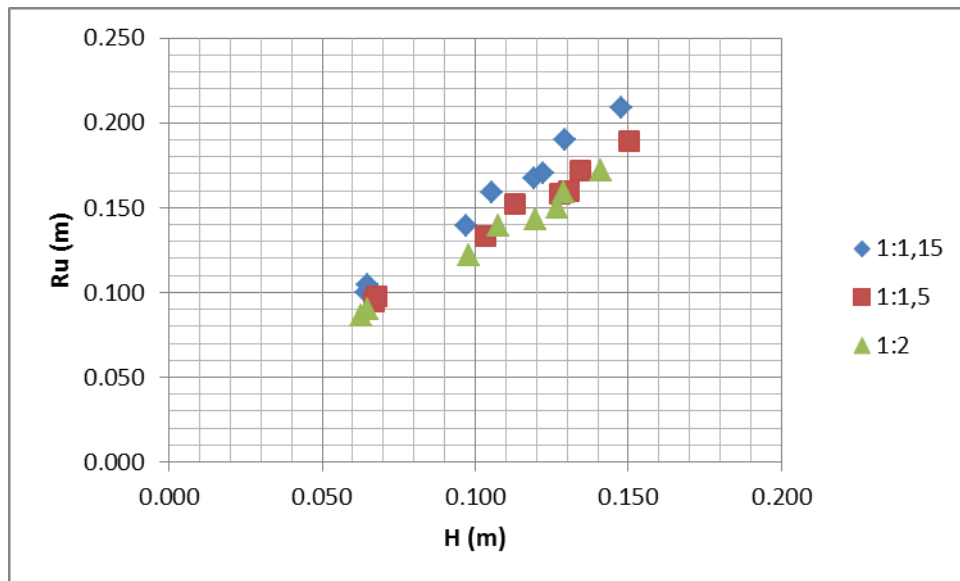
4.2 Pembahasan

Pembahasan hasil studi eksperimen *runup* gelombang dan beberapa parameter yang mempengaruhinya berupa grafik akan dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1 Hubungan *Runup* Gelombang dengan Tinggi Gelombang dan Kemiringan Struktur

Dalam eksperimen *runup* gelombang pada seawall dengan unit lapis lindung BPPT-Lock digunakan beberapa parameter yang mempengaruhi besaran nilai *runup* gelombang, diantaranya tinggi gelombang dan kemiringan struktur. Variasi tinggi gelombang yang digunakan dalam eksperimen ini adalah 3 cm, 5 cm, 6 cm, dan 7 cm. Sedangkan variasi kemiringan struktur unit lapis lindung yang digunakan adalah 1:1,15 ; 1:1,5 ; dan 1:2. Hubungan antara *runup* gelombang dengan tinggi gelombang dan kemiringan struktur didapatkan grafik

seperti pada gambar 4.6. Dengan plot tinggi gelombang sebagai sumbu X dan *runup* gelombang sebagai sumbu Y.



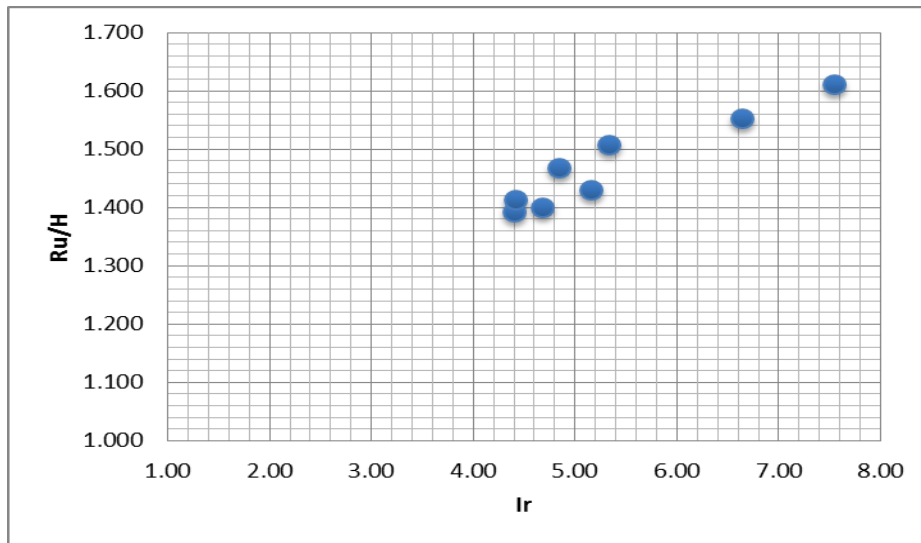
Gambar 4.4 Hubungan antara *runup* gelombang dengan variasi tinggi gelombang dan kemiringan struktur

Gambar 4.4 di atas menunjukkan hubungan antara *runup* gelombang dengan tinggi gelombang dan kemiringan struktur unit lapis lindung. Grafik tersebut memperlihatkan pola kemiringan yang semakin naik. Hal ini menjelaskan bahwa semakin besar tinggi gelombang maka semakin besar pula *runup* gelombang yang terjadi.

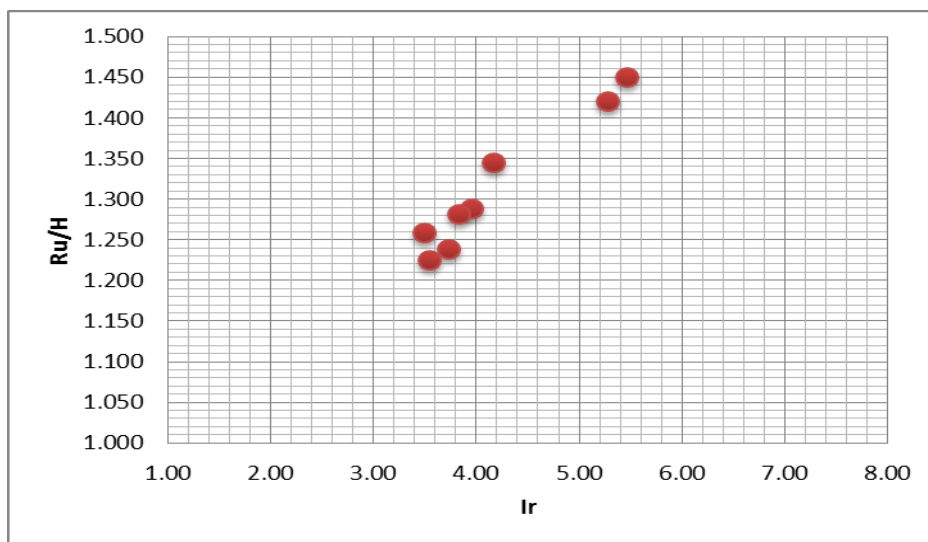
Selain itu grafik tersebut juga memperlihatkan perbedaan pola *runup* gelombang pada setiap kemiringan. Pada kemiringan 1:1,15 nilai *runup* terkecil 0,100 m dan terbesar 0,209 m. Pada kemiringan 1:1,5 nilai *runup* terkecil 0,095 m dan terbesar 0,189 m. Pada kemiringan 1:2 nilai *runup* terkecil 0,086 m dan terbesar 0,172 m. Dari nilai *runup* ketiga kemiringan tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil kemiringan struktur (curam) maka semakin besar nilai *runup* gelombangnya dan semakin besar kemiringan struktur (landai) maka semakin kecil nilai *runup* gelombangnya.

4.2.2 Hubungan *Runup* Relatif dengan Bilangan Iribarren

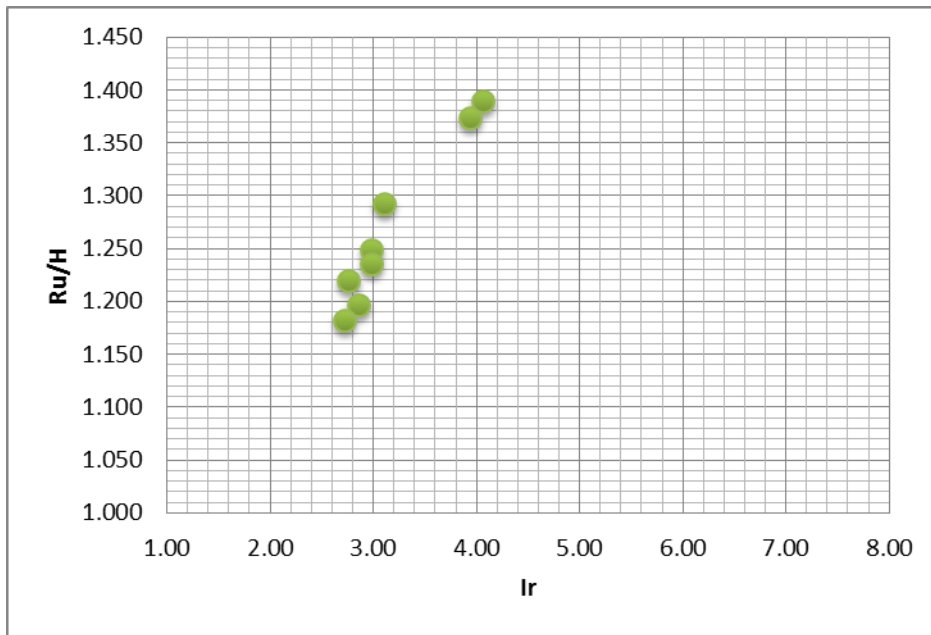
Untuk menunjukkan hubungan *runup* gelombang dengan berbagai parameter yang mempengaruhi maka digunakan bentuk tak berdimensi *runup* relatif (R_u/H) sebagai fungsi dari bilangan iribarren. Hubungan antara *runup* relatif dengan bilangan iribarren ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Dengan plot bilangan iribarren sebagai sumbu X dan *runup* relatif (R_u/H) sebagai sumbu Y.



Gambar 4.5 Perbandingan *runup* relatif dengan bilangan Iribarren pada kemiringan 1:1,15



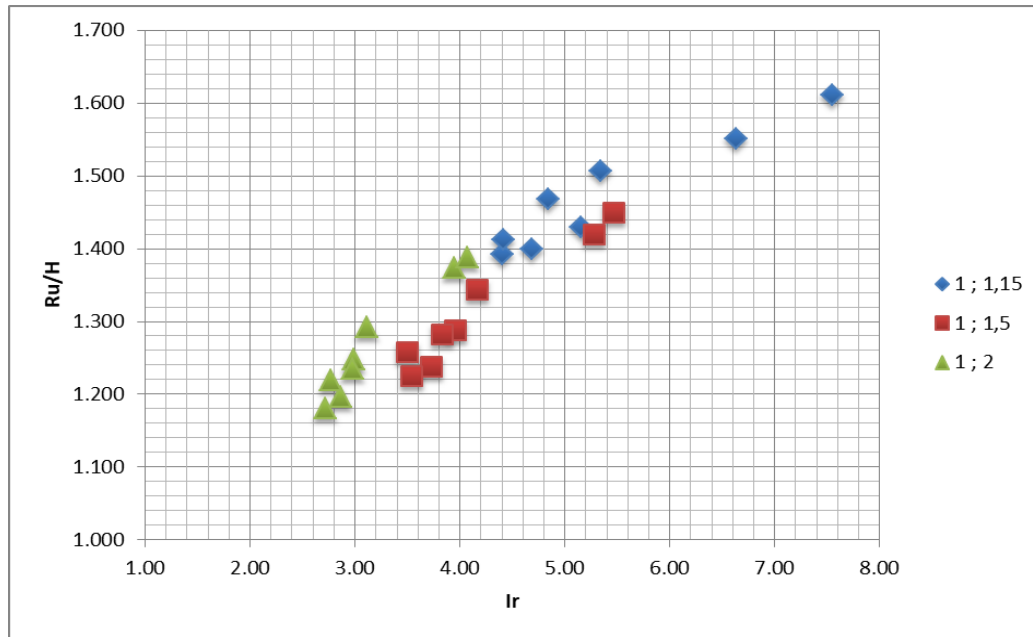
Gambar 4.6 Perbandingan *runup* relatif dengan bilangan iribarren pada kemiringan 1:1,5



Gambar 4.7 Perbandingan *runup* relatif dengan bilangan iribarren pada kemiringan 1:2

Gambar 4.5-4.7 menunjukkan pola hubungan antara *runup* relatif dengan bilangan Iribarren, semakin besar nilai bilangan Iribarren maka semakin besar *runup* relatif. Kemiringan 1:1,15 nilai bilangan iribarren terbesar 7,55 dengan *runup* relatif 1,613. Kemiringan 1:1,5 nilai bilangan iribarren terbesar 5,46 dengan *runup* relatif 1,450. Kemiringan 1:1,2 nilai bilangan iribarren terbesar 4,07 dengan *runup* relatif 1,389.

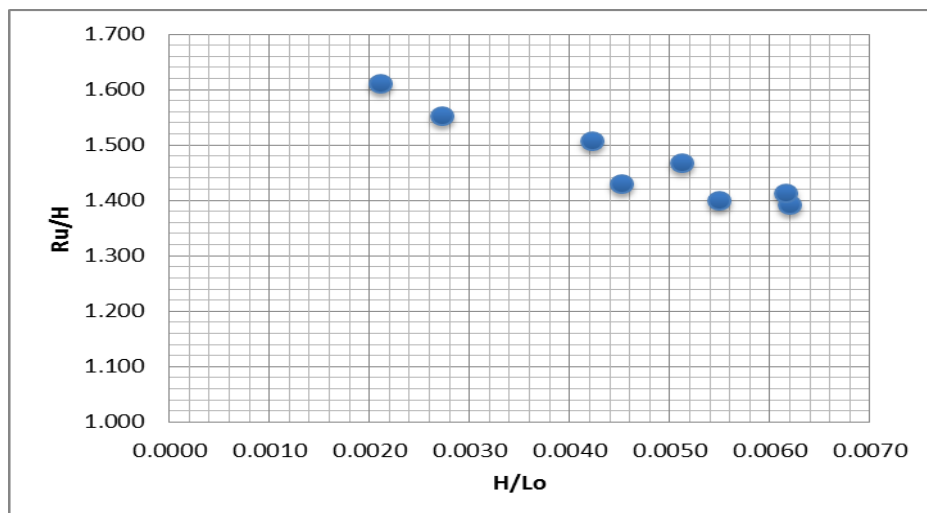
Gambar di bawah ini menunjukkan hubungan *runup* relatif dengan bilangan iribarren pada setiap kemiringan. Pola yang ditunjukkan semakin kecil kemiringan (curam) maka *runup* relatif semakin besar. Hal ini disebabkan ketika gelombang melewati kemiringan yang landai, maka gelombang akan melewati jalur yang lebih panjang dan ditambah juga gesekan kekasaran unit lapis lindung BPPT-Lock menyebabkan semakin banyak energi gelombang yang dikurangi sehingga rayapan gelombang yang dihasilkan semakin kecil.



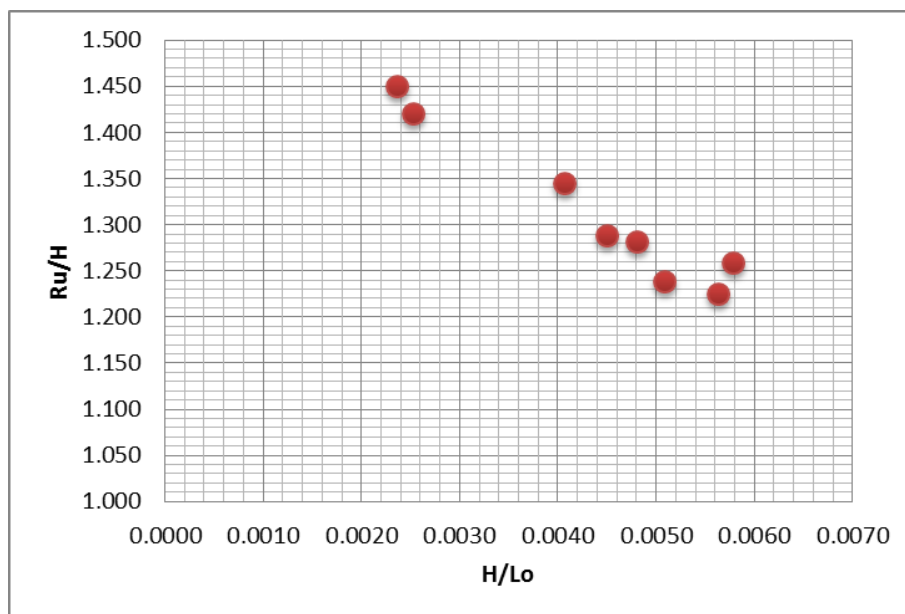
Gambar 4.8 Perbandingan *runup* relatif dengan bilangan irribarren

4.2.3 Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap *Runup* Relatif

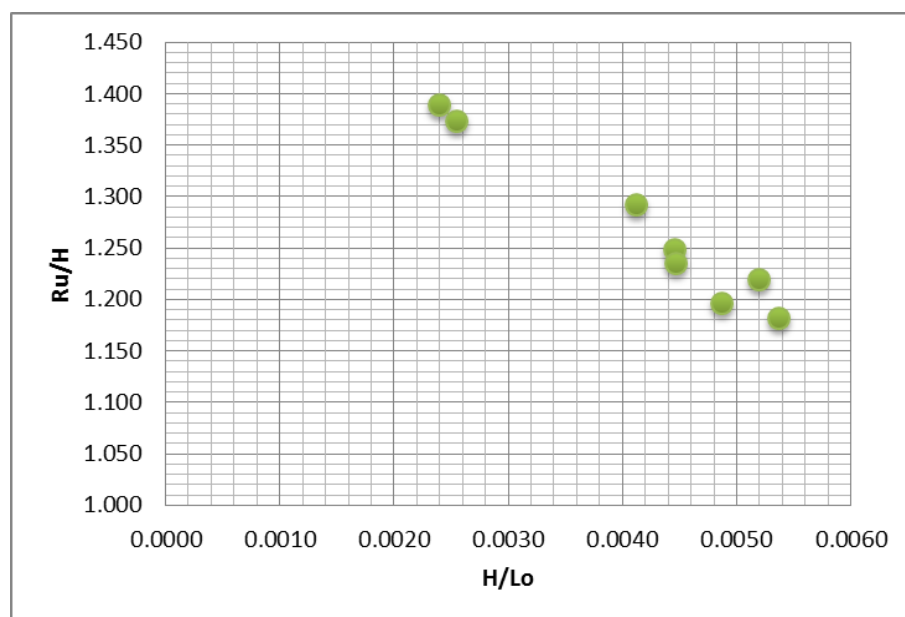
Untuk mengetahui pengaruh kecuraman gelombang terhadap *runup* gelombang digunakan parameter tak berdimensi H/L_o . Hubungan antara *runup* relatif dengan H/L_o ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Dengan plot H/L_o sebagai sumbu X dan *runup* relatif (R_u/H) sebagai sumbu Y.



Gambar 4.9 Pengaruh kecuraman gelombang terhadap *runup* relatif pada kemiringan 1:1,15



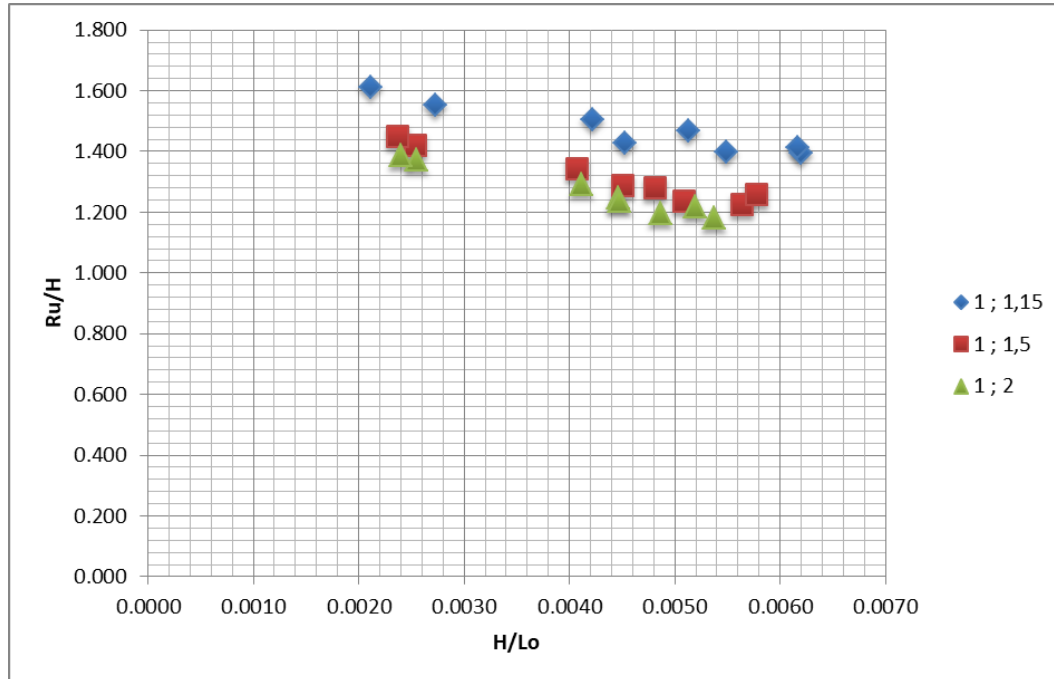
Gambar 4.10 Pengaruh kecuraman gelombang terhadap *runup* relatif pada kemiringan 1:1,5



Gambar 4.11 Pengaruh kecuraman gelombang terhadap *runup* relatif pada kemiringan 1:2

Grafik di atas memperlihatkan pola yang sama yaitu semakin menurun, hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya nilai kecuraman gelombang maka *runup* semakin kecil. Untuk memperjelas

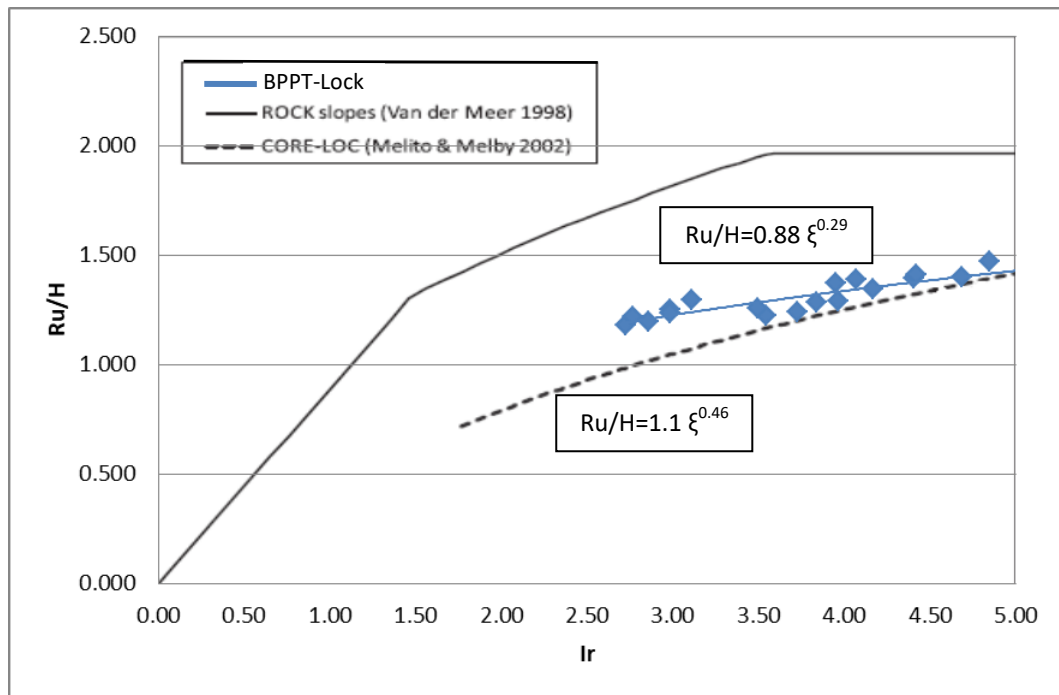
perbandingan, ketiga grafik diplot menjadi satu seperti pada gambar 4.12 dan menunjukkan semakin besar kemiringan (landai) maka nilai *runup* relatif semakin kecil.



Gambar 4.12 Pengaruh variasi kemiringan pada perbandingan H/Lo dengan Ru/H

4.2.4 Perbandingan dengan Penelitian Lain

Penelitian sebelumnya mengenai *runup* gelombang telah banyak dilakukan pada kemiringan struktur pemecah gelombang dengan menggunakan berbagai macam unit lapis lindung. Minimnya publikasi penelitian tentang *runup* gelombang pada BPPT-Lock sebagai unit lapis lindung maka perbandingan grafik penelitian akan dibandingkan dengan coreloc yang bentuknya menyerupai BPPT-Lock. Sebagai perbandingan digunakan hasil penelitian Melito dan Melby (2002) mengenai runup gelombang pada pemecah gelombang menggunakan coreloc sebagai unit lapis lindungnya. Penelitian dilakukan di U.S. Army Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory di Vicksburg. Ukuran *wave flume* yang digunakan adalah panjang 74,6 m, lebar 3 m, dan tinggi 2 m tinggi dengan variasi tinggi gelombang dan permeabilitas pelindung struktur.



Gambar 4.13 Perbandingan nilai *runup* relatif BPPT-Lock dengan coreloc

Dari grafik di atas menunjukkan pola yang sama dari penyebaran *runup* relatif terhadap bilangan irribarren yaitu semakin besar bilangan irribarren maka semakin besar *runup* relatif. Grafik yang berwarna biru merupakan hasil dari eksperimen ini yang menggunakan BPPT-Lock sebagai unit lapis lindungnya memiliki nilai *runup* relatif yang lebih besar daripada unit lapis lindung coreloc yang digunakan pada penelitian Melito dan Melby (2002). Terdapat beberapa perbedaan pada skema pengujian yang dilakukan. Diameter armor yang digunakan pada penelitian ini adalah 7 cm sedangkan pada coreloc adalah 8,1 cm. Semakin besar diameter batu yang digunakan, kekasaran kemiringan armor akan semakin besar yang dapat menyebabkan gelombang lebih banyak kehilangan energi. Sehingga *runup* gelombang yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Faktor selanjutnya yaitu perbedaan tinggi gelombang yang digunakan. Semakin besar tinggi gelombang yang digunakan maka *runup* gelombang yang dihasilkan menjadi lebih besar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berikut kesimpulan dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya:

1. Pengaruh kemiringan struktur unit lapis lindung BPPT-Lock terhadap *runup* gelombang yaitu semakin kecil kemiringan struktur (curam) maka semakin besar *runup* gelombangnya dan semakin besar kemiringan struktur (landai) maka semakin kecil *runup* gelombangnya. Hal ini dibuktikan dengan nilai *runup* gelombang pada kemiringan 1:1,15 yaitu 0,209 m dan pada kemiringan 1:2 yaitu 0,172 m.
2. Peningkatan tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) pada *seawall* dengan unit lapis lindung BPPT-Lock mengakibatkan semakin besar *runup* gelombang yang dihasilkan. Nilai *runup* gelombang terkecil pada kemiringan 1:1,15 dengan $H_s=0,064$ m dan $T_p=1,55$ detik yaitu 0,1 meter. Sedangkan nilai *runup* gelombang terbesar pada $H_s=0,148$ m dan $T_p= 1,56$ detik yaitu 0,209 meter.

5.2. Saran

Memperbanyak variasi percobaan dalam penelitian *runup* gelombang meliputi elevasi muka air, tinggi gelombang, periode gelombang dan kemiringan struktur sehingga didapatkan pola sebaran pada grafik *runup* gelombang yang lebih jelas.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Armono, H.D. 2004. “*A Two Dimensional Hydrodynamic Model in the Vicinity of Artificial Reefs*”. Paper presented for PIT XXI – HATHI, Denpasar, 2004.
- Arunjith, A., (2013), “*Wave Overtopping Over Crown Walls and Run-up on Rubble Mound Breakwaters with Kolos Armour under Random Waves*”, International Journal of Ocean and Climate Systems, India.
- Bhattacharya, Rameswar, 1972, “*Dynamic of Marine Vehicles*”, Maryland: A Wiley Series.
- Battjes, J. A. (1974), “*Surf Similarity*”, Proceedings of the 14th International Coastal Engineering Conference, ASCE, Vol. 1, pp 466-479.
- CEM, (2006) *Coastal Engineering Manual*, U.S. Army Coastal Engineering Research Centre (Part VI).
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.
- De Waal J. P. and van der Meer J. W. (1992), “*Wave runup and overtopping on coastal dikes*”, Proceeding of International Conference on Coastal Engineering, 134, 1758-1771
- Hughes, S.A., (1993), “*Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*”, Coastal Engineering Research Center, USA.
- Hasselmann, K., et al, (1973), “*Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*”, Hydrographischen Zeitschrift, Vol.A8, hal.12.
- Melito, Ivano and Melby, J.A., (2002), “*Wave runup, transmission, and reflection for structures armored with CORE-LOC*”, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Triatmodjo, Bambang, (1999), *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta
- Van der Meer, Jentsje (2010), “*The Wave Run-up Simulator, Theory and First Pilot Test*”, ASCE, Proc. ICCE 2010, Shanghai.

Yuwono, Nur, 1992, “*Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*”, Yogyakarta.

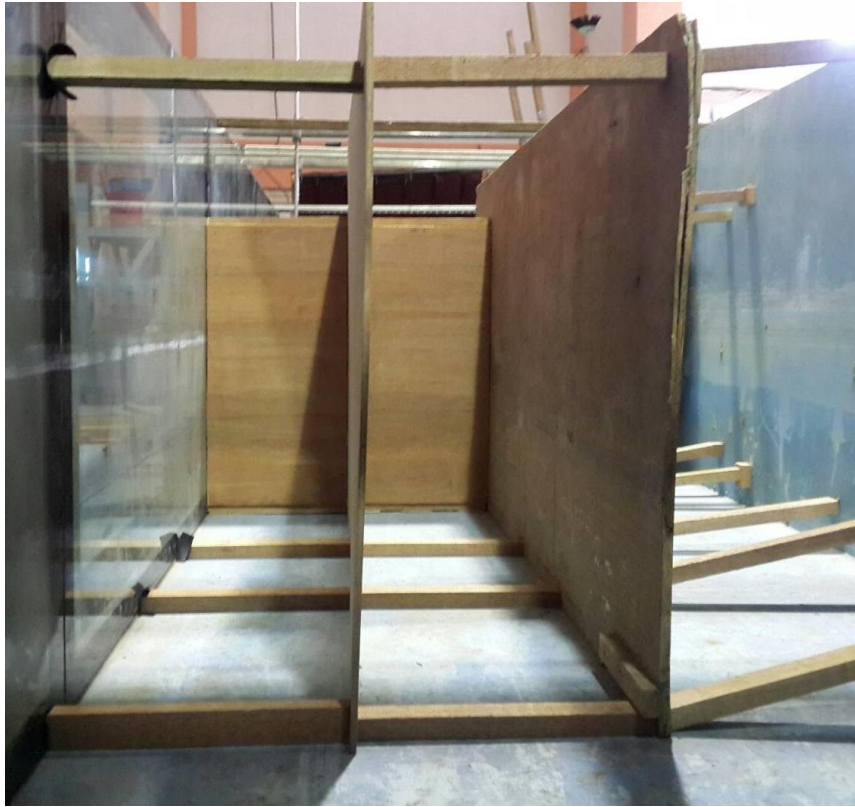
Zuhdan, J.M., dkk. (2012), “Development of The BPPT-lock Breakwater Armor Unit”, *Proceeding of The Second International Conference on Port, Coastal, and Offshore Engineering (2nd ICPCO)*, 12-13 November 2012, Bandung.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Proses pembuatan dan pemasangan model seawall











LAMPIRAN B

Hasil pembacaan gelombang pada perangkat lunak AnaWare

Variasi Kemiringan 1:1,15

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

```
=====
Nama File: H 3 T 1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.1004 seconds
Wave Peak Period        = 1.5508 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0141 seconds
Significant Wave Height  = 6.4457 centimetres
Maximum Wave Height      = 11.4089 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.4457 centimetres
Average Wave Height      = 4.0286 centimetres
rms Wave Height          = 3.5838 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.1861 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 4.7352 seconds
Wave Peak Period        = 1.3642 seconds
Mean Zero Crossing Period = 4.0471 seconds
Significant Wave Height  = 8.3741 centimetres
Maximum Wave Height      = 15.2401 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 8.3741 centimetres
Average Wave Height      = 5.2819 centimetres
rms Wave Height          = 4.6916 centimetres
Average of Highest 1/10  = 10.6982 centimetres
```

```
=====
Nama File: H 3 T 1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.4133 seconds
Wave Peak Period        = 1.7668 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2962 seconds
Significant Wave Height  = 6.4659 centimetres
Maximum Wave Height      = 11.4447 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.4659 centimetres
Average Wave Height      = 4.0412 centimetres
rms Wave Height          = 3.5951 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.2117 centimetres
```

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	4.1825	seconds
Wave Peak Period	=	0.8931	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	3.0179	seconds
Significant Wave Height	=	8.9379	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.8503	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.9379	centimetres
Average Wave Height	=	5.6142	centimetres
rms Wave Height	=	4.9837	centimetres
Average of Highest 1/10	=	11.4327	centimetres

=====

Nama File: H 5 T 1.2.xls

=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	2.0208	seconds
Wave Peak Period	=	1.4812	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9398	seconds
Significant Wave Height	=	9.7275	centimetres
Maximum Wave Height	=	17.2177	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.7275	centimetres
Average Wave Height	=	6.0797	centimetres
rms Wave Height	=	5.4085	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.3540	centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	4.3859	seconds
Wave Peak Period	=	0.9733	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	3.3185	seconds
Significant Wave Height	=	12.8395	centimetres
Maximum Wave Height	=	21.1828	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	12.8395	centimetres
Average Wave Height	=	7.9548	centimetres
rms Wave Height	=	7.1137	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.9832	centimetres

=====

Nama File: H 5 T 1.4.xls

=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	2.4160	seconds
---------------------	---	--------	---------

Wave Peak Period = 1.5967 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2975 seconds
Significant Wave Height = 10.5663 centimetres
Maximum Wave Height = 18.7023 centimetres
Zero Moment Wave Height = 10.5663 centimetres
Average Wave Height = 6.6039 centimetres
rms Wave Height = 5.8749 centimetres
Average of Highest 1/10 = 13.4192 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period = 4.0774 seconds
Wave Peak Period = 0.9069 seconds
Mean Zero Crossing Period = 3.0048 seconds
Significant Wave Height = 13.9532 centimetres
Maximum Wave Height = 24.2338 centimetres
Zero Moment Wave Height = 13.9532 centimetres
Average Wave Height = 8.7221 centimetres
rms Wave Height = 7.7584 centimetres
Average of Highest 1/10 = 17.7162 centimetres

=====

Nama File: H 6 T 1.2.xls

=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period = 2.1842 seconds
Wave Peak Period = 1.4889 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0904 seconds
Significant Wave Height = 11.9372 centimetres
Maximum Wave Height = 21.1288 centimetres
Zero Moment Wave Height = 11.9372 centimetres
Average Wave Height = 7.4607 centimetres
rms Wave Height = 6.6371 centimetres
Average of Highest 1/10 = 15.1602 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period = 3.1043 seconds
Wave Peak Period = 0.7619 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.1097 seconds
Significant Wave Height = 15.4236 centimetres
Maximum Wave Height = 25.4507 centimetres
Zero Moment Wave Height = 15.4236 centimetres
Average Wave Height = 9.6385 centimetres
rms Wave Height = 8.5738 centimetres
Average of Highest 1/10 = 17.0862 centimetres

=====
Nama File: H 6 T 1.4.xls
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 2.4677 seconds
Wave Peak Period = 1.6041 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3522 seconds
Significant Wave Height = 12.9427 centimetres
Maximum Wave Height = 22.9085 centimetres
Zero Moment Wave Height = 12.9427 centimetres
Average Wave Height = 8.0892 centimetres
rms Wave Height = 7.1961 centimetres
Average of Highest 1/10 = 16.4372 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 4.1957 seconds
Wave Peak Period = 0.8954 seconds
Mean Zero Crossing Period = 3.0623 seconds
Significant Wave Height = 17.0568 centimetres
Maximum Wave Height = 28.9632 centimetres
Zero Moment Wave Height = 17.0568 centimetres
Average Wave Height = 10.6594 centimetres
rms Wave Height = 9.4830 centimetres
Average of Highest 1/10 = 19.5675 centimetres

=====
Nama File: H 7 T 1.2.xls
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 2.0983 seconds
Wave Peak Period = 1.4174 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0118 seconds
Significant Wave Height = 12.2079 centimetres
Maximum Wave Height = 21.6079 centimetres
Zero Moment Wave Height = 12.2079 centimetres
Average Wave Height = 7.6299 centimetres
rms Wave Height = 6.7876 centimetres
Average of Highest 1/10 = 15.5040 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 4.0973 seconds
Wave Peak Period = 0.9104 seconds

```

Mean Zero Crossing Period = 3.0242 seconds
Significant Wave Height   = 15.9685 centimetres
Maximum Wave Height       = 25.9146 centimetres
Zero Moment Wave Height   = 15.9685 centimetres
Average Wave Height       = 9.9807 centimetres
rms Wave Height           = 8.8783 centimetres
Average of Highest 1/10   = 17.3174 centimetres

```

```

=====
Nama File: H 7 T 1.4.xls
=====

```

```

Channel 1
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period       = 2.3473 seconds
Wave Peak Period         = 1.5634 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2438 seconds
Significant Wave Height   = 14.7852 centimetres
Maximum Wave Height       = 26.1698 centimetres
Zero Moment Wave Height   = 14.7852 centimetres
Average Wave Height       = 9.2407 centimetres
rms Wave Height           = 8.2206 centimetres
Average of Highest 1/10   = 18.7772 centimetres

```

```

Channel 2
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period       = 3.9942 seconds
Wave Peak Period         = 0.8678 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.8395 seconds
Significant Wave Height   = 19.0107 centimetres
Maximum Wave Height       = 31.8539 centimetres
Zero Moment Wave Height   = 19.0107 centimetres
Average Wave Height       = 11.8794 centimetres
rms Wave Height           = 10.5683 centimetres
Average of Highest 1/10   = 21.3668 centimetres

```

End of analysis result

Variasi Kemiringan 1 : 1,5

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

```

=====
Nama File: H3 T1.2.xls
=====

```

```

Channel 1
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic

```



```

+++++
Average Wave Period      = 2.1143 seconds
Wave Peak Period        = 1.6409 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0365 seconds
Significant Wave Height  = 6.6922 centimetres
Maximum Wave Height      = 11.8452 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.6922 centimetres
Average Wave Height      = 4.1826 centimetres
rms Wave Height          = 3.7209 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.4991 centimetres

```

Channel 2

```

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.1699 seconds
Wave Peak Period        = 1.4464 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0589 seconds
Significant Wave Height  = 9.1641 centimetres
Maximum Wave Height      = 17.1324 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 9.1641 centimetres
Average Wave Height      = 5.7275 centimetres
rms Wave Height          = 5.0952 centimetres
Average of Highest 1/10  = 12.6384 centimetres

```

```

=====
Nama File: H3 T1.4.xls
=====

```

Channel 1

```

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.3979 seconds
Wave Peak Period        = 1.7050 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2808 seconds
Significant Wave Height  = 6.7597 centimetres
Maximum Wave Height      = 11.9646 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 6.7597 centimetres
Average Wave Height      = 4.2248 centimetres
rms Wave Height          = 3.7584 centimetres
Average of Highest 1/10  = 8.5848 centimetres

```

Channel 2

```

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.5988 seconds
Wave Peak Period        = 1.6466 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.4574 seconds
Significant Wave Height  = 9.9415 centimetres
Maximum Wave Height      = 17.6795 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 9.9415 centimetres
Average Wave Height      = 6.2135 centimetres
rms Wave Height          = 5.5275 centimetres

```

Average of Highest 1/10 = 12.8258 centimetres

=====
Nama File: H5 T1.2.xls
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	2.0301	seconds
Wave Peak Period	=	1.5280	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9549	seconds
Significant Wave Height	=	10.3254	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.2760	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.3254	centimetres
Average Wave Height	=	6.4534	centimetres
rms Wave Height	=	5.7409	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.1133	centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	2.1320	seconds
Wave Peak Period	=	1.4696	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0307	seconds
Significant Wave Height	=	13.0087	centimetres
Maximum Wave Height	=	23.9834	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	13.0087	centimetres
Average Wave Height	=	8.1304	centimetres
rms Wave Height	=	7.2328	centimetres
Average of Highest 1/10	=	16.5210	centimetres

=====
Nama File: H5 T1.4.xls
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	2.4504	seconds
Wave Peak Period	=	1.6815	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3311	seconds
Significant Wave Height	=	11.2926	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.9879	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.2926	centimetres
Average Wave Height	=	7.0579	centimetres
rms Wave Height	=	6.2787	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.3416	centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

```
+++++
Average Wave Period      = 2.6362 seconds
Wave Peak Period        = 1.5582 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.4733 seconds
Significant Wave Height = 15.4665 centimetres
Maximum Wave Height     = 27.3757 centimetres
Zero Moment Wave Height = 15.4665 centimetres
Average Wave Height     = 9.6666 centimetres
rms Wave Height         = 8.5994 centimetres
Average of Highest 1/10 = 19.6425 centimetres
```

```
=====
Nama File: H6 T1.2.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.1907 seconds
Wave Peak Period        = 1.5989 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.1042 seconds
Significant Wave Height = 12.7638 centimetres
Maximum Wave Height     = 22.5919 centimetres
Zero Moment Wave Height = 12.7638 centimetres
Average Wave Height     = 7.9774 centimetres
rms Wave Height         = 7.0967 centimetres
Average of Highest 1/10 = 16.2100 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.3652 seconds
Wave Peak Period        = 1.5439 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2324 seconds
Significant Wave Height = 16.2364 centimetres
Maximum Wave Height     = 28.4884 centimetres
Zero Moment Wave Height = 16.2364 centimetres
Average Wave Height     = 10.1477 centimetres
rms Wave Height         = 9.0274 centimetres
Average of Highest 1/10 = 20.6202 centimetres
```

```
=====
Nama File: H6 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.4655 seconds
Wave Peak Period        = 1.6862 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3430 seconds
Significant Wave Height = 13.4179 centimetres
```

Maximum Wave Height	=	23.7497	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	13.4179	centimetres
Average Wave Height	=	8.3862	centimetres
rms Wave Height	=	7.4604	centimetres
Average of Highest 1/10	=	17.0408	centimetres

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.6206 seconds
Wave Peak Period        = 1.5055 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.4363 seconds
Significant Wave Height  = 18.1440 centimetres
Maximum Wave Height      = 31.0119 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 18.1440 centimetres
Average Wave Height      = 11.3400 centimetres
rms Wave Height          = 10.0881 centimetres
Average of Highest 1/10  = 22.0429 centimetres
```

=====

Nama File: H7 T1.2.xls

=====

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.1080 seconds
Wave Peak Period        = 1.5369 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0273 seconds
Significant Wave Height  = 13.0607 centimetres
Maximum Wave Height      = 23.1175 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 13.0607 centimetres
Average Wave Height      = 8.1629 centimetres
rms Wave Height          = 7.2618 centimetres
Average of Highest 1/10  = 16.5871 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period      = 2.2169 seconds
Wave Peak Period        = 1.4410 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0885 seconds
Significant Wave Height  = 16.2499 centimetres
Maximum Wave Height      = 28.8424 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 16.2499 centimetres
Average Wave Height      = 10.1562 centimetres
rms Wave Height          = 9.0350 centimetres
Average of Highest 1/10  = 20.6374 centimetres
```

```
=====
Nama File: H7 T1.4.xls
=====
```

```
Channel 1
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.3416 seconds
Wave Peak Period        = 1.6277 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2361 seconds
Significant Wave Height = 15.0256 centimetres
Maximum Wave Height     = 26.5953 centimetres
Zero Moment Wave Height = 15.0256 centimetres
Average Wave Height     = 9.3910 centimetres
rms Wave Height         = 8.3542 centimetres
Average of Highest 1/10 = 19.0825 centimetres
```

```
Channel 2
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.4471 seconds
Wave Peak Period        = 1.4342 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2724 seconds
Significant Wave Height = 18.0798 centimetres
Maximum Wave Height     = 34.0712 centimetres
Zero Moment Wave Height = 18.0798 centimetres
Average Wave Height     = 11.2999 centimetres
rms Wave Height         = 10.0524 centimetres
Average of Highest 1/10 = 23.9613 centimetres
```

End of analysis result

Variasi Kemiringan 1 : 2

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

```
=====
Nama File: H3 T1.2.xls
=====
```

```
Channel 1
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.1006 seconds
Wave Peak Period        = 1.5812 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0148 seconds
Significant Wave Height = 6.2631 centimetres
Maximum Wave Height     = 11.0857 centimetres
Zero Moment Wave Height = 6.2631 centimetres
```

Average Wave Height = 3.9145 centimetres
rms Wave Height = 3.4823 centimetres
Average of Highest 1/10 = 7.9542 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period = 2.2679 seconds
Wave Peak Period = 1.6685 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.1820 seconds
Significant Wave Height = 10.9358 centimetres
Maximum Wave Height = 19.2344 centimetres
Zero Moment Wave Height = 10.9358 centimetres
Average Wave Height = 6.8349 centimetres
rms Wave Height = 6.0803 centimetres
Average of Highest 1/10 = 13.8885 centimetres

=====

Nama File: H3 T1.4.xls

=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period = 2.4024 seconds
Wave Peak Period = 1.6589 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2831 seconds
Significant Wave Height = 6.4813 centimetres
Maximum Wave Height = 11.4719 centimetres
Zero Moment Wave Height = 6.4813 centimetres
Average Wave Height = 4.0508 centimetres
rms Wave Height = 3.6036 centimetres
Average of Highest 1/10 = 8.2313 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Average Wave Period = 2.6911 seconds
Wave Peak Period = 1.8547 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.5811 seconds
Significant Wave Height = 12.0084 centimetres
Maximum Wave Height = 20.1238 centimetres
Zero Moment Wave Height = 12.0084 centimetres
Average Wave Height = 7.5052 centimetres
rms Wave Height = 6.6766 centimetres
Average of Highest 1/10 = 14.2506 centimetres

=====

Nama File: H5 T1.2.xls

=====

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.0171 seconds
Wave Peak Period        = 1.4944 seconds
Mean Zero Crossing Period = 1.9382 seconds
Significant Wave Height  = 9.7723 centimetres
Maximum Wave Height      = 17.2970 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 9.7723 centimetres
Average Wave Height      = 6.1077 centimetres
rms Wave Height          = 5.4334 centimetres
Average of Highest 1/10  = 12.4108 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.2052 seconds
Wave Peak Period        = 1.6549 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.1278 seconds
Significant Wave Height  = 15.1685 centimetres
Maximum Wave Height      = 27.2843 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 15.1685 centimetres
Average Wave Height      = 9.4803 centimetres
rms Wave Height          = 8.4337 centimetres
Average of Highest 1/10  = 19.2640 centimetres
```

```
=====
Nama File: H5 T1.4.xls
=====
```

Channel 1

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.4197 seconds
Wave Peak Period        = 1.6319 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2938 seconds
Significant Wave Height  = 10.7559 centimetres
Maximum Wave Height      = 19.0379 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 10.7559 centimetres
Average Wave Height      = 6.7224 centimetres
rms Wave Height          = 5.9803 centimetres
Average of Highest 1/10  = 13.6600 centimetres
```

Channel 2

```
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.7261 seconds
Wave Peak Period        = 1.8658 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.6130 seconds
Significant Wave Height  = 19.6877 centimetres
Maximum Wave Height      = 31.0842 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 19.6877 centimetres
```

Average Wave Height = 12.3048 centimetres
rms Wave Height = 10.9463 centimetres
Average of Highest 1/10 = 21.0033 centimetres

=====
Nama File: H6 T1.2.xls
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 2.1802 seconds
Wave Peak Period = 1.5826 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0915 seconds
Significant Wave Height = 11.9592 centimetres
Maximum Wave Height = 21.1678 centimetres
Zero Moment Wave Height = 11.9592 centimetres
Average Wave Height = 7.4745 centimetres
rms Wave Height = 6.6493 centimetres
Average of Highest 1/10 = 15.1882 centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 2.4070 seconds
Wave Peak Period = 1.7528 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3196 seconds
Significant Wave Height = 19.7208 centimetres
Maximum Wave Height = 31.9839 centimetres
Zero Moment Wave Height = 19.7208 centimetres
Average Wave Height = 12.3255 centimetres
rms Wave Height = 10.9648 centimetres
Average of Highest 1/10 = 21.0455 centimetres

=====
Nama File: H6 T1.4.xls
=====

Channel 1

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period = 2.4301 seconds
Wave Peak Period = 1.7128 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3176 seconds
Significant Wave Height = 12.8731 centimetres
Maximum Wave Height = 22.7855 centimetres
Zero Moment Wave Height = 12.8731 centimetres
Average Wave Height = 8.0457 centimetres
rms Wave Height = 7.1575 centimetres
Average of Highest 1/10 = 16.3489 centimetres

Channel 2


```

+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.7736 seconds
Wave Peak Period        = 1.8824 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.6561 seconds
Significant Wave Height  = 20.2683 centimetres
Maximum Wave Height      = 35.5450 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 20.2683 centimetres
Average Wave Height      = 13.0386 centimetres
rms Wave Height          = 11.5964 centimetres
Average of Highest 1/10  = 24.5229 centimetres

```

```

=====
Nama File: H7 T1.2.xls
=====

```

```

Channel 1
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.0967 seconds
Wave Peak Period        = 1.5525 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0199 seconds
Significant Wave Height  = 12.6999 centimetres
Maximum Wave Height      = 22.4788 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 12.6999 centimetres
Average Wave Height      = 7.9374 centimetres
rms Wave Height          = 7.0611 centimetres
Average of Highest 1/10  = 16.1288 centimetres

```

```

Channel 2
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.3197 seconds
Wave Peak Period        = 1.6870 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2267 seconds
Significant Wave Height  = 19.9275 centimetres
Maximum Wave Height      = 33.5427 centimetres
Zero Moment Wave Height  = 19.9275 centimetres
Average Wave Height      = 12.4547 centimetres
rms Wave Height          = 11.0797 centimetres
Average of Highest 1/10  = 22.3079 centimetres

```

```

=====
Nama File: H7 T1.4.xls
=====

```

```

Channel 1
+++++=====+++++=====+++++=====+++++
Wave Characteristic
+++++
Average Wave Period      = 2.3681 seconds
Wave Peak Period        = 1.6635 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.2639 seconds

```

Significant Wave Height	=	14.1015	centimetres
Maximum Wave Height	=	24.9597	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	14.1015	centimetres
Average Wave Height	=	8.8135	centimetres
rms Wave Height	=	7.8404	centimetres
Average of Highest 1/10	=	17.9089	centimetres

Channel 2

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Wave Characteristic

+++++=====+++++=====+++++=====+++++=====+++++

Average Wave Period	=	2.3197	seconds
Wave Peak Period	=	1.6870	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2267	seconds
Significant Wave Height	=	20.9275	centimetres
Maximum Wave Height	=	38.4632	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	20.9275	centimetres
Average Wave Height	=	13.1821	centimetres
rms Wave Height	=	12.4547	centimetres
Average of Highest 1/10	=	25.9358	centimetres

End of analysis result

BIODATA PENULIS



Awang Samudra Serba Bagus dilahirkan di Pasuruan pada tanggal 28 Juni 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SDN Dermo 1 Bangil pada tahun 2001-2007. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah di SMPN 1 Bangil pada tahun 2007-2010 dan SMAN 1 Bangil pada tahun 2010-2013. Setelah lulus SMA pada tahun 2013, penulis diterima di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur undangan dan terdaftar dengan NRP 4313100041. Di Departemen Teknik Kelautan, penulis mengambil bidang studi Rekayasa Perlindungan Pantai (*Coastal Engineering*). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan, seperti Unit Kegiatan Mahasiswa Karate ITS, Society of Petroleum Engineers. Pada tahun 2016 penulis berkesempatan melaksanakan kerja praktek selama 2 bulan di Terminal Petikemas Surabaya (TPS) dengan membahas mengenai studi pengerukan dan sedimentasi. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis dapat menghubungi alamat email awangsamudra.sb@gmail.com